

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Olli Keinonen

KOMPONENTTIEN LAATUONGELMIEN KARTOITTAMI-  
NEN JA NIIDEN VAIKUTUS TUOTTAVUUTEEN

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2016

**OPINNÄYTETYÖ****Huhtikuu 2016****Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma**Tikkarinne 9  
80220 JOENSUU  
SuomiTekijä  
Olli KeinonenNimeke  
Komponenttien laatuongelmien kartoittaminen ja niiden vaikutus tuottavuuteenToimeksiantaja  
Abloy Oy, Joensuun tehdas

## Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa CAM-kokoonpanosolussa käytettyjen komponenttien laatuongelmia ja havainnollistaa niiden vaikutus tuotantosolun tuottavuuteen.

Teoriaosuudessa käsiteltiin aiheen keskeisimpiä käsitteitä, kuten tuottavuutta, laatua ja tuotannonkehittämiseen käytettäviä työkaluja.

Tutkimuksen aineisto kerättiin havainnoimalla ja haastatteluilla. Havainnointi toteutettiin keräämällä viallisia komponentteja, jonka jälkeen laatuongelmat luokiteltiin Pareto-menetelmää käyttäen. Haastattelut toteutettiin strukturoituina haastatteluina, joihin osallistui 4 työntekijää.

Tuloksina saatiin tarkka ja yksityiskohtainen selvitys kokoonpanosolussa syntyvästä laatuuhukasta, kartoitus merkittävimmistä laatuongelmista ja niiden vaikutuksista tuotantosolun tuottavuuteen.

Kieli  
  
suomiSivuja 68  
  
Liitteet 0  
  
Liitesivumäärä 0

## Avainsanat:

Tuottavuus, laatu, Lean ja Six Sigma

**THESIS****April 2016**

Degree Programme in Mechanical And Production Engineering

Tikkarinne 9  
80220 JOENSUU  
FINLANDAuthor  
Olli KeinonenTitle  
Investigate components quality problems and their effects on productivityCommissioned by  
Abloy Oy, Joensuu factory**Abstract**

The purpose of this thesis was to identify quality problems of the components used in the CAM-assembly cell and illustrates their impact on the productivity.

The theoretical part dealt with the main topic concepts such as productivity, quality and tools used in the development of production.

The data for research was collected with observation and interviews. The observation was carried out by collecting the defective components after which the quality problems were classified using the Pareto-method. Interviews were conducted in a structured interview with the participation of four employees.

The results were an accurate and detailed description of the generated quality costs, reporting the most significant quality problems and visualize their impact on assembly cells productivity.

Language

finnish

Pages 68

Appendices 0

Keywords

Productivity, quality, Lean and Six Sigma

# Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

Käsitteet ja lyhenteet

1	Johdanto .....	8
1.1	Aihevalinta .....	8
1.2	Opinnäytetyön lähtökohdat .....	8
1.3	Työn tavoitteet ja rajaus .....	8
1.4	Metodologiset ja teoreettiset lähtökohdat .....	9
1.5	Abloy Oy ja ASSA Abloy-konserni .....	10
1.6	Ovensuljintehdas (Door Control -yksikkö) .....	10
2	Tuottavuus .....	12
2.1	Tuottavuus käsitteenä .....	12
2.2	Tuottavuuden lähikäsitteet .....	13
2.3	Tuottavuuden ja laadun yhdistäminen .....	13
3	Laatu .....	14
3.1	Laadun määritelmä .....	14
3.2	Laatu yrityksen menestystekijänä .....	15
3.3	Laatugurut ja filosofiat .....	16
3.3.1	W. Edwards Demingin (v. 1900–1994) laatufilosofia .....	16
3.3.2	Joseph M. Juranin (v. 1904–2008) laatufilosofia .....	18
3.3.3	Philip P. Crosby'n (v. 1926–2001) laatufilosofia .....	19
3.3.4	Kaoru Ishikawan (v. 1915–1989) laatufilosofia .....	20
3.3.5	Armand Feigenbaumin laatufilosofia .....	21
3.3.6	Noriaki Kanon laatufilosofia .....	22
3.3.7	Richard J. Schonbergerin laatufilosofia .....	23
3.3.8	Genichi Taguchi .....	23
3.4	Laadun analysointimenetelmät .....	23
3.4.1	Pareto-analyysi .....	24
3.5	Laadunvalvonta tuotannossa .....	24
3.6	Huonon laadun kustannukset .....	25

3.7	Laatuongelmien havaitseminen .....	26
4	Tuotannon kehittämisen työkalut .....	27
4.1	Six Sigma .....	27
4.1.1	Six Sigman historiaa .....	27
4.1.2	Six Sigman määritelmä .....	28
4.1.3	Six Sigma DMAIC- ongelmanratkaisumalli .....	31
4.1.3.1	Määrittelyvaihe (Define) .....	32
4.1.3.2	Mittausvaihe (Measurement) .....	33
4.1.3.3	Analysointivaihe (Analysis) .....	33
4.1.3.4	Parannus- ja optimointivaihe (Improvement) .....	34
4.1.3.5	Ohjaus- ja valvontavaihe (Control) .....	34
4.2	Lean määritelmä .....	34
4.3	Lean Six Sigma määritelmä .....	37
4.3	Lean hukatekijät .....	38
5	Tutkimuksen kulku .....	39
5.1	CAM-kokoonpanosolun esittely .....	39
5.1.1	Työpiste 1 .....	40
5.1.2	Työpiste 2 .....	41
5.1.3	Työpiste 3 .....	41
5.1.4	Työpiste 4 .....	42
5.1.5	CAM-öljyntäyttö .....	43
5.2	Ovensulkimien kokoonpanoprosessi .....	43
5.2.1	Käsikokoonpano .....	43
5.3	CAM-tuotantosolun laatuhukka .....	45
5.3.1	Kokoonpanon laatuhukka .....	45
	Kuva 7. Viallisia komponentteja jalkalaatikossa .....	46
5.3.2	Öljyntäytön laatuhukka .....	47
5.3.3	Työntekijöiden haastattelut .....	48
6	Tulokset .....	49
6.1	Kokoonpanon laatuhukka .....	49
6.2	Öljyntäytön laatuhukka .....	59
6.3	Työntekijöiden haastattelujen tulokset .....	60
6.4	Huonon laadun vaikutukset tuottavuuteen .....	61

7	Pohdinta.....	64
7.1	Tulosten tarkastelu.....	64
7.2	Jatkotutkimusmahdollisuudet .....	65
7.3	Yhteenveto .....	66
	Lähteet.....	67

## Käsitteet ja lyhenteet

CAM – ovensulkija	Ovensulin, jossa on cam-toiminto, jonka avulla ovi on kevyt aukaista vasten sen sulkevaa voimaa. Tuote on ideaalinen rajoittuneille ihmisille
CAM-kokoonpanosolu	Erillinen tuotantosolu, joka erikoistuu CAM-ovensulkijoiden valmistukseen
Door Control-yksikkö	Abloyn Joensuun tehtaan tehdasalueella sijaitseva erillinen rakennus, joka erikoistuu ovensuljin tuotteiden valmistukseen
Juurisyy	Lähtökohtainen syy jollekin ongelmalle
PDCA	Plan Do Check Act (Demingin ympyrä)
Pareto-menetelmä	Menetelmä, jonka avulla pystytään luokittelemaan kerätty aineisto halutun määrään mukaan
Laatugurut	Henkilöitä, jotka ovat olleet vahvasti mukana laadun historiassa ja kehittämisessä
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Act. (Six-sigman ongelmanratkaisumalli)
Hukka	Asiakkaalle ja yritykselle lisäarvoa tuottamattomia tekijöitä
Piilo-ovensuljin	Ovensuljin, joka on voidaan asentaa huomattomaksi
DC	Door Control

# **1 Johdanto**

## **1.1 Aihevalinta**

Työskentelin opintojeni ohella Abloy Oy:n Door Control -yksikössä Joensuun tehtaalla tuotantotöissä erinäisissä tuotantosoluissa. Opinnäytetyöni aiheeksi valikoitui Door Control-yksikössä toimivan CAM-tuotantosolun komponenttien laatuongelmien kartoittaminen ja niiden vaikutus tuottavuuteen. Aihe on todella ajankohtainen, sillä yritykset kaipaavat jatkuvasti lisää puhtia kilpailukykyynsä.

## **1.2 Opinnäytetyön lähtökohdat**

Opinnäytetyöni lähtökohdat olivat haastavat, sillä kokoonpanoprosessista ei ollut minkäänlaista aiempaa kerättyä dataa tuotannossa syntyvästä laatu hukasta. Jos aiempaa tietoa olisi kerätty, olisin voinut keskittyä merkittävimpiin osa-alueisiin hävikkien juurisyitä etsiessäni ja siten päästä kehittämään tuotannossa olevia laatu puutteita ja työmenetelmiä. Päätin toteuttaa CAM- tuotantosolussa hävikkien seurantajakson, jonka pituudeksi päätin kolme kuukautta. Siten sain varmasti tarpeeksi kattavan aineiston tutkimukseeni. Koko tämän ajan työskentelin kyseisessä solussa kokoonpanijana. Solussa on neljä kokoonpanopöytää ja kaksi öljyntäyttökoneita, joista jokaiselle asetin hylkylaatikon. Tietyin väliajoin seurasin hylkylaatikoihin tulevien osien määrää ja arvioin niistä hylkäykseen johtaneita syitä. Päätin tehdä Excel- taulukko-ohjelmalla taulukot, joista selviävät syntynyt hukka kappalemäärittäin, rahallinen häviö ja hylkäämiseen johtaneet juurisyöt.

## **1.3 Työn tavoitteet ja rajaus**

Työn tavoitteena on tutkia Abloy Oy:n Joensuun tehtaan Door Control yksikössä toimivaa CAM-kokoonpanosolua. Lähtökohtana on pyrkiä tutkimaan kokoonpanosolussa käytettävien komponenttien vaikutuksia tuottavuuteen ja kartoittaa komponenteissa esiintyviä laatu ongelmia. Tutkimusaiheeni keskittyy laatu hukkan



seurantaan ja juurisyiden tunnistamiseen. Sitä kautta pyrin tuomaan esille mahdollisia parannusehdotuksia laatuhukan vähentämiseksi.

Tapa, jolla seurantaa tein, osoittautui kuitenkin yllättävän kuormittavaksi ja vei paljon aikaa. Tästä johtuen jouduin rajaamaan laatuhukan seurantaa öljyntäytön osalta, koska siinä hukkaan vaikuttavien juurisyiden selvittäminen osoittautui todella haasteelliseksi. Kuitenkin öljyntäyttösolussa syntyvä kappalemäärällinen laatuhukka on erittäin merkittävä ja uskon sen syiden heijastuvan kokoonpanoprosessiin sekä komponenttien laatuun.

Tämä opinnäytetyö muodostuu kokonaisuudessaan kolmesta osa-alueesta, jotka ovat: teoriaosuus, tutkimusosuus sekä tulokset ja pohdinta. Teoriaosuuksessa käsitellään tuottavuutta, laatua ja siihen liittyviä filosofioita sekä tuotannon kehittämiseen liittyviä käsitteitä ja siihen soveltuvia työkaluja. Tutkimusosuuden tein kesätyöni ohella työskennellessäni CAM-kokoonpanosolussa kokoonpanijana kokopäiväisenä työntekijänä.

#### **1.4 Metodologiset ja teoreettiset lähtökohdat**

Tutkimustehtäväni oli selvittää komponenttien laatuongelmia ja niiden vaikutuksia kokoonpanon tuottavuuteen. Tutkimustehtäväni pohjalta muodostin seuraavat kolme tutkimuskysymystä:

- 1. Minkälaisia laatuongelmia CAM-kokoonpanon komponenteissa ilmenee?*
- 2. Miten ongelmat heijastuvat syntyvään laatuhukkaan ja tuottavuuteen?*
- 3. Miten laatuongelmia voitaisiin välttää tuotannossa?*

## 1.5 Abloy Oy ja ASSA Abloy-konserni

Abloy Oy on suomalainen lukitustuotteiden valmistaja. Se on kuulunut osaksi ruotsalaista Assa Abloy -konsernia jo vuodesta 1994. Assa Abloy on listattu Tukholmaan pörssiin (ABLOY OY 2016a.) Abloy Oy:n tuotantolaitokset sijaitsevat Joensuussa ja Björkbodassa. Abloy Oy:n palveluksessa työskentelee noin 850 henkilöä, joista 700 Suomessa ja loput 150 henkilöä ovat tukemassa maailmanlaajuista myyntiverkostoa yli 90 maassa. Suomessa asiakkaita palvelee noin 150 Abloy-valtuutettua myynti- ja huoltoliikettä. (ABLOY OY 2016b.)

Abloyn menestystuote sai alkunsa, kun suomalainen mekaanikko Emil Vilhelm Henriksson kehitti vuosina 1907–1910 lukon, jonka toiminta perustui liikkuviin haittalevyihin. Tästä lukosta syntyi vielä tänäkin päivänä käytetty termi ”levyhaittasylinteri”. Vuonna 1920 siitä kehiteltiin virallisesti Abloy-lukko. Keksintö sai alkunsa, kun Henriksson oivalsi hyödyntää kassakoneiden lukitustekniikkaa normaaleihin lukkoihin. Tämä mahdollisti lukkojen ja avainten monipuolisen sarjoitusjärjestelmän. Tästä alkoi uusi aikakausi lukitustekniikan kehityksessä, sillä Henrikssonin keksintö oli mullistava. Lukko sai patentin vuonna 1919 ja lukkojen valmistaminen aloitettiin Helsingissä vuosina 1918–1919. Valmistajana toimi Lukotehdas Oy. (Juvonen 2007, 195.)

Nykyään ASSA ABLOY on maailmanlaajuisesti yksi johtavista lukitusjärjestelmiä tarjoavista yhtiöistä. Se syntyi, kun ruotsalainen ASSA ja suomalainen ABLOY fuusioituivat yhteen vuonna 1994. Siitä lähtien se on kehittynyt pienestä yhtiöstä maailmanlaajuiseksi jättiläiseksi, jolla on 44000 työntekijää ympäri maailman. (ASSA ABLOY 2016c.)

## 1.6 Ovensuljintehdas (Door Control -yksikkö)

Ovensuljintehdas valmistui Joensuuhun vuonna 1997 toukokuussa. Investointi toi mukanaan Pohjois-Karjalaan noin 75 uutta työpaikkaa. Tuotanto tehtaassa aloitettiin jo syksyllä 1997. Tehtaassa valmistui 3000 ovensuljinta päivittäin, mikä

siivitti tehtaan yhdeksi isoimmista ovensulkimia valmistavista tehtaista Euroopassa. Menestykselle ei näkynyt loppua, vaan tehdasta laajennettiin lisää vuonna 2001, jolloin syntyi tilat uudelle oviautomatiikka -liiketoiminnalle. Kuitenkin yksi merkittävimmistä investoinneista tehtiin vuonna 2006, jolloin uuden työstökeskuksen ansiosta ovensulkimien valmistusmäärät kasvoivat 500000 kappaleesta noin 800000 kappaleeseen vuodessa. (Juvonen 2007, 183–184.)

## 2 Tuottavuus

Tämän opinnäytetyön keskeisimpiä käsitteitä olivat tuottavuus ja laatu. Lähtökoh-  
tana on käsitellä sekä tutkia osien laadun vaikutuksia tuottavuuteen CAM-  
kokoonpanosolussa. Komponenttien yhteensopivuudella toisiinsa on merkittäviä  
vaikutuksia tuotteiden jaksoaikaan, joka näkyy myös työvuoron aikana valmistu-  
neissa kappalemäärissä.

### 2.1 Tuottavuus käsitteenä

European Productivity Agency:n pitämässä konferenssissa vuonna 1958 tuotta-  
vuudelle annettiin määritelmä, jonka mukaan tuottavuus on sitä, ”mitä ihminen  
pystyy saamaan aikaan materiaalilla, pääomalla ja teknologialla.” (Uusi-Rauva  
1996, 13.) Yrityksessä tuottavuuteen vaikuttavat henkilöstön työpanos, viihtyvyys,  
osaaminen, teknologia sekä yritysjohton ammattitaito. Yleisesti tuottavuus määri-  
tellään vertaamalla valitun prosessin tuotosten ja panosten välistä suhdetta (ku-  
vio 1) (Uusi-Rauva 1996, 19–20.)



$$\text{Tuottavuus} = \frac{\text{tuotokset}}{\text{panokset}}$$

Kuvio 1. Tuottavuus muodostuu tuotosten ja panosten yhteydestä. (Mukaillen Kauppakaari Oy, yrityksen tietokirjat 1998, 24.)

Kun mietitään tuottavuutta erilaisissa yhteyksissä, saadaan yleensä varsin erilaisia vastauksia siihen, mitä tuottavuus on. Mittausteoritikolle tuottavuus tarkoittaa tuotosten ja panosten välistä suhdetta. Yritykselle se kuvastaa kustannustehokkuuden parantumista. Kansantaloudessa se nähdään elintason parantumisena. Insinööri ajattelee sen tehokkaampina työtapoina ja koneina. Kuitenkin kaikki nojaavat samaan sääntöön, jolla pyritään mahdollisimman suureen tuottoon mahdollisimman pienillä panoksilla. (Uusi-Rauva 1996, 16.)

## **2.2 Tuottavuuden lähikäsitteet**

Yleisesti tuottavuus liitetään yrityksen sisäiseen tehokkuuteen. Yrityksessä sisäisellä tuottavuuden muutoksella tarkoitetaan niitä muutoksia, jotka liittyvät jonkin tuotteen tai palvelun valmistusprosessiin. (Uusi-Rauva 1996, 21.)

Tuottavuus liitetään todella usein myös kannattavuuteen. Joskus se yhdistetään kannattavuuskäsitteen rahaprosessiin, minkä johdosta se voi menettää kokonaan oman tarkoituksensa. Tuottavuus kun kuvaa pohjimmiltaan yrityksen kykyä keskittää panostekijöitä siten, että saadaan mahdollisimman hyvää tulosta aikaan. (Uusi-Rauva 1996, 25–26.)

## **2.3 Tuottavuuden ja laadun yhdistäminen**

Tuottavuuden rinnalla kannattaa huomioida myös laatu. Japanilaisen tuottavuuskeskuksen JPC:n pääjohtaja Jinnosuke Miyai on ilmaissut, että tuottavuus ja laatu ovat nykypäivänä synonyymeja toisilleen. Vain reilu vuosikymmen sitten laatu ja tuottavuus nähtiin vastakkainasetteluna. Minkä takia ajateltiin, että kun tuottavuutta lisätään joudutaan laadusta tinkimään. Tänä päivänä se ei kuitenkaan enää käy päinsä. (Uusi-Rauva 1996, 35.)

## 3 Laatu

### 3.1 Laadun määritelmä

Sanalle laatu on hyvin vaikea keksiä yksiselitteistä määritelmää. Laatu saa erilaisia arvoja riippuen arvioijan näkökulmasta. Professori Paul Lillrankin (TKK) mukaan laadulla on kuusi eri näkökulmaa, jotka ovat valmistus-, tuote-, arvo-, kilpailu-, asiakas- sekä ympäristökeskeinen näkökulma. (Hokkanen & Strömberg 2006, 18–20.)

Valmistuskeskeinen näkökulma on perinteisin laadunvalvontatapa. Se keskittyy tuotteen valmistusprosessiin ja ohjaa tuotteen valmistumista sille annettujen odotusten mukaisesti. Sillä pyritään ennaltaehkäisemään ja poistamaan virheiden syntymisten mahdollisuudet. Tuotokeskeinen näkökulma taas näkee suunnitteluvaiheen tärkeimpänä osana liittyen tuotteen laadun muodostumiseen. (Leclin 2006, 20.)

Arvokeskeinen näkökulma vertaa tuotteen hinta/laatu-suhdetta. Se pohjautuu siihen, kuinka paljon se antaa vastinetta tuotteeseen sijoitetulle pääomalle. (Andersson & Tikka 1997, 19.) Kilpailukeskeinen näkökulma vertaa kahden samaa tuotetta valmistavan yrityksen laatua toisiinsa. Sen mukaan laatutason pitää olla yhtä hyvä kuin kilpailijalla. Toista parempaa laatua ei ajattelun mukaan kannata hakea sillä se on vain resurssien tuhlausta. (Leclin 2006, 20.)

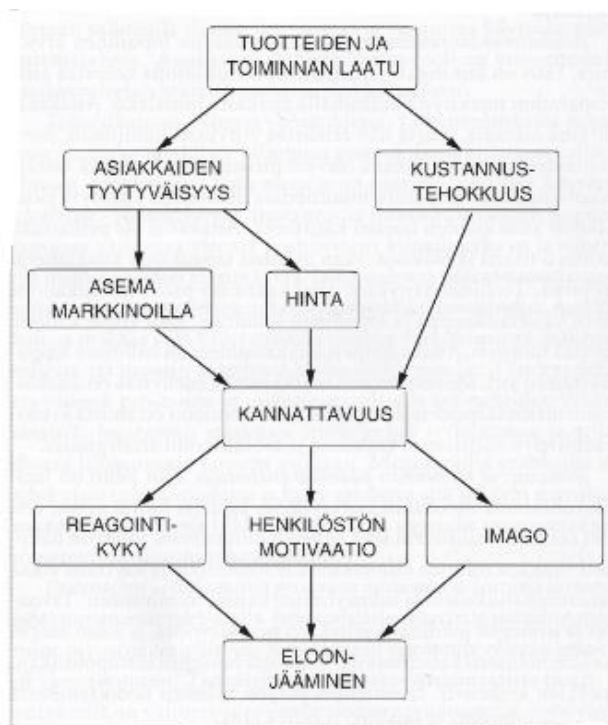
Asiakaskeskeinen näkökulma tarkoittaa, sitä kuinka tuote täyttää asiakkaiden tarpeet ja odotukset. Ihmiset ovat yksilöitä, jonka takia tuotteista muodostuu erilaisia näkökulmia. (Andersson & Tikka 1997, 18.) Ympäristökeskeinen näkökulma painottaa tuotteen elinkaaren huomiointia suunnitteluvaiheessa. Elinkaari tarkoittaa tuotteen suunnittelusta sen hävittämiseen asti ulottuvaa aikaa. (Leclin 2006, 20.)

Amerikkalainen ANSI/ASQC-A3-1978-standardi määrittelee laadun siten, että laatu on ne ominaisuudet tuotteissa, joilla täytetään olemassa olevat tarpeet. Suomessa standardi SFS-EN ISO 8402 pitää sisällään samanlaisen määritel-

män, mutta siinä painotetaan tapauskohtaista määrittämistä sanalle tarpeet. Tarpeet myös muuttuvat ajan kuluessa ja standardi opastaa tarkastamaan spesifiikaatiot määräajoin. (Andersson & Tikka 1997, 18.)

### 3.2 Laatu yrityksen menestystekijänä

Yleensä mietitään, onko laatu yrityksen menestyksen takana. Mietitään myös millä sitä voidaan todistaa ja onko kannattavaa pyrkiä hyvään laatuun. Kuvio 2 näemme laadun vaikutuksia yrityksen organisaatioon. Laadulla on organisaatiossa sisäisiä vaikutuksia, markkinavaikutuksia ja kannattavuusvaikutuksia. (Leclin 2006, 24.)



Kuvio 2. Laadun vaikutus näkyy näin organisaation sisällä. (Leclin 2006, 25.)

Yrityksen sisällä hyvä laatu näkyy tuotteiden virheettömyytenä, alhaisina laatu-kustannuksina ja näiden yhteisvaikutuksesta parantuneena yrityksen katteena ja kannattavuutena. Markkinoilla hyvän laadun vaikutukset näkyvät siten, että se

täyttää asiakkaiden tarpeet, vaatimukset ja odotukset. Vaikutukset kasvattavat yrityksen asiakastyytyväisyyttä. Yrityksille on elintärkeää pystyä täyttämään asiakkaan vaatimukset, sillä tyytyväinen asiakas tulee jatkossakin ostamaan palveluita yritykseltä. Uskolliset asiakkaat antavat yritykselle vapautta myös hinnoittelussa, jolloin tuotteita voidaan kaupata paremmalla katteella. Laadun tuomat sisäisenvaikutukset ja markkinavaikutukset parantavat yhdessä yrityksen kannattavuutta ja luovat hyvät edellytykset saavuttaa haluttuja tavoitteita, kuten kilpailuetua, markkinajohtajuutta, yrityskuvan kohottamista, reagointikyvyn parantumista, joustavuutta yrityksen toimintaan, motivointia ja yhteiskunnallista asemaa. (Leclin 2006, 24–25.)

### **3.3 Laatumurto ja filosofiat**

Tunnetuimpia laadun kansainvälisiä kehittäjiä ja filosofioiden luojaia ovat W. Edwards Deming, Joseph M. Juran, Philip Crosby, Kaoru Ishikawa, Armand Feigenbaum, Noriaki Kano, Richard J. Schonberger ja Genichi Taguchi. Nämä miehet tunnetaan yleensä laatumurto-nimellä. (Andersson & Tikka 1997, 22.)

#### **3.3.1 W. Edwards Demingin (v. 1900–1994) laatufilosofia**

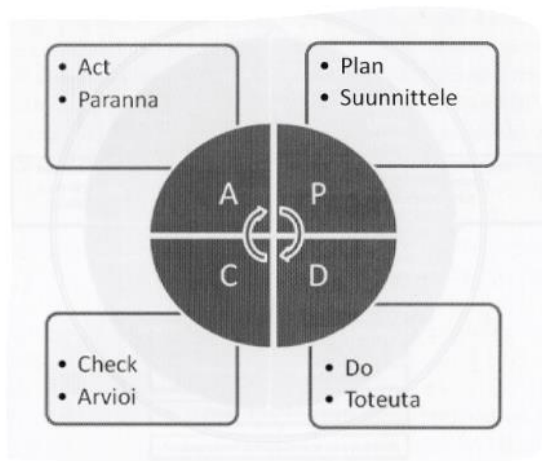
Walter Edwards Deming on laatumurtoista kaikkein merkittävin laadun hallintaan ja laatuajattelun kehittymiseen vaikuttanut henkilö. Demingin filosofian päätavoite on vähentää epävarmuutta ja vaihtelua tuotteiden suunnittelussa sekä valmistuksessa. Deming uskoi vaihtelun olevan juurisyy tuotteiden huonolle laadulle. (Andersson & Tikka 1997, 22.)

Deming oli koulutukseltaan tohtori matemaattisen fysiikan alalla. Hän valmistui 28-vuotiaana, jolloin hän oli jo ehtinyt tutkia, opettaa sekä konsultoida tilastomatematiikkaa ja sen sovelluksia. Japanissa Deming vieraili vuonna 1950, jolloin hän opetti erilaisille asiantuntijoille omaa laatumurto-oppia ja tilastollisia menetelmiä. Demingin oppien uskotaan edesauttaneen Japanin laatuosaamisen aivan



uudelle tasolle, jonka länsimaat myös havaitsivat. (Hokkanen & Strömberg 2006, 80.)

Kuviossa 3 on esitetty Demingin ympyrä, joka tunnetaan jatkuvan parantamisen mallina. Se tunnetaan paremmin kirjainyhdistelmästä PDCA= Plan-Do-Check-Act. (Hokkanen & Strömberg 2006, 82.) Malli on tunnettu 1920-luvulla nimellä Sewhart-ympyrä, jolloin sen kehitti Walter Sewhart. Japanilaiset nimesit sen kuitenkin Demingin mukaan kunnioittaakseen Demingin laatufilosofiaa. Kolmas vaihe oli aiemmin tunnettu sanalla check (tarkista), mutta Deming muutti sen sijalle sanan study (tutki) 1990-luvulla. (Andersson & Tikka 1997, 53–54.)



Kuvio 3. Demingin ympyrä. Alkuperäinen PDCA-ympyrä, jonka kehitti Walter Sewhart. (Leclin & Laine 2009, 33.)

Demingin ympyrä koostuu neljästä eri vaiheesta, jotka ovat suunnittelu-, toteutus-, tutkimus- ja toimintavaihe. Suunnitteluvaihe pitää sisällään prosessin nykytilan selvityksen, tiedon keräämisen ja laadunparantamiseen pyrkivien keinojen suunnittelun. Toteutusvaiheessa pyritään testaamaan tehtyä suunnitelmaa testausympäristössä. Tutkimusvaiheessa analysoidaan testin tuloksia ja arvioidaan onko suunnitelma hyödyllinen vai seuraako siitä vain lisää ongelmia. Toimintavaiheessa suunnitelma standardoidaan käyttöön ja varmistetaan, että jatkossa mennään suunnitelman mukaisesti. Demingin ympyrä on jatkuvan kehityksen

malli, josta johtuen se hyppää uudelleen suunnitteluvaiheeseen, jossa pohditaan jatkodiagnoosia ja toimenpiteitä. (Andersson & Tikka 1997, 54.)

### 3.3.2 Joseph M. Juranin (v. 1904–2008) laatufilosofia

Juran on yksi tunnetuimmista laatuasiantuntijoista. Kuten Deming myös Juran oli mukana Japanin laatukehityksessä keskeisenä tekijänä. Hänen näkemyksensä on kuitenkin erilainen kuin Demingin. Juranin mukaan länsimaisissa yrityksissä keskeinen ongelma on, että huippujohdon, keskiportaan ja työntekijöiden välillä on valtava kuilu, jonka takia yrityksen kommunikaatio on puutteellinen. Jokaisella portaalla on niin sanottu oma kieli ja näkemykset. (Andersson & Tikka 1997, 24.)

Juranin laatuperiaatteen keskeisimpiä sisältöjä ovat: laadun suunnittelu, laadun ohjaus sekä laadun parantaminen. Laadun suunnittelussa Juran uskoo vahvasti asiakaslähtöiseen näkökulmaan. Juran painottaakin, että yrityksen ja työntekijöiden on tiedostettava, kuka asiakas on sekä tiedettävä asiakkaan tarpeet. Laadun ohjausta Juran toteuttaa myös Demingin opeista poiketen omalla tavalla. Juran uskoo, ettei laatua saada poistamalla prosesseista vaihtelua aiheuttavia tekijöitä, kuten Deming uskoo. Juran pyrkii siihen, että prosessien nykytila arvioitaisiin luotettavasti ja tätä kautta pystyttäisiin kehittämään ideaaliseen tavoitetilään. Laadun parantaminen tapahtuu Juranin mukaan, sillä että parannetaan toiminnan laatua prosesseissa uusille tasoille. (Andersson & Tikka 1997, 24.)

Juran uskoo, että laadun parantamisen lähtökohtana on yrityksen johdon sitoutuminen. Juranin mukaan suuriosa laadunkehityksestä epäonnistuu juuri johdon aiheuttamien ongelmien takia. Juran uskoo, ettei johtoporras ymmärrä, että laadun parannus vaatii heiltä paljon panostamista eli tässä tapauksessa johtamista. (Hokkanen & Strömberg 2006, 85.)

### 3.3.3 Philip P. Crosby'n (v. 1926–2001) laatufilosofia

Philip B. Crosby toimi ITT:n varapääjohtajana 14 vuoden ajan. Sitä ennen hän työskenteli yhtiössä laaduntarkastajana tuotanto-osastolla. Crosbylla oli myös laatukonsulttitoimisto ja hänen tunnetuin kirjoittamansa kirja on nimeltään *Quality is Free* (Laatu on ilmaista). (Andersson & Tikka 1997, 25.) Crosby'n laatufilosofia rakentuu neljästä pääkohdasta, jotka ovat: vaatimusten yhdenmukaisuus, ongelmien ennaltaehkäisy, nollavirhetaso ja laadun mittaaminen poikkeamien hinnalla. (Hokkanen & Strömberg 2006, 80.)

Crosby tarkkailee laatua vaatimusten näkökulmasta. Crosby painottaa aluksi vaatimusten määrittelyä, jottei väärinymmärryksiä pääse tapahtumaan. Kun selkeät vaatimukset on asetettu Crosby vertaa todellisuutta ja vaatimuksia keskenään, josta laatu voidaan täten määrittää. Viallista tuotetta Crosby pitää huonon laadun osoituksena. Crosby'n mukaan laatuongelmia ei ole olemassa vaan ne muodostuvat yritysten eri osastoilla valmistus-, mittaus-, suunnittelu-, ja yhteistyöongelmista. Ongelmat eivät siis synny Crosby'n mukaan laatuosaston takia vaan muiden osastojen. Laatuosaston tehtävänä onkin verrata vaatimuksia ja todellisuutta sekä tukea osastoja ongelmien ratkomisessa. (Andersson & Tikka 1997, 25.)

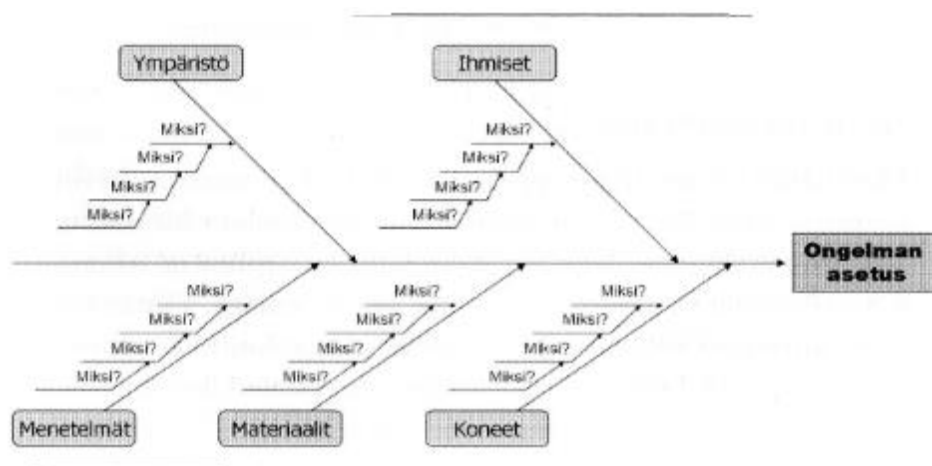
Crosby'n mielestä tärkeintä on pyrkiä nollavirhetasolle. Hän uskookin, että nollavirhetaso yleensä ymmärretään väärin sillä sen tavoite on välttää virheitä niiden korjaamisen sijasta. Jos tuote tehdään ensimmäisellä kerralla oikein, ei synny laatukustannuksia. Tästä tuleekin Crosby'n "laatu on ilmaista" sanonta. Crosby pitää tärkeänä, että laatukustannuksia seurattaisiin ja taulukoitaisiin, jotta niiden avulla voidaan löytää kehityskohteita, esittää ongelmia yritysjohdolle ja valvoa laatutasoa. (Andersson & Tikka 1997, 25.)

### 3.3.4 Kaoru Ishikawan (v. 1915–1989) laatufilosofia

Ishikawa on japanilaisista laatuasiantuntijoista tunnetuin. Hän oli myös mukana Japanin laatuvalankumouksessa 1950-luvulla. Hän kehitti laatumenetelmiä ja toteutti niitä Japanissa. Myöhemmin hänet noteraattiin myös länsimaissa, josta kunnianosoituksena on hyvä esimerkki Yhdysvalloissa joka vuosi jaettava Ishikawa-palkinto. Palkinto annetaan yritykselle, joka on kehittänyt laatuaan merkittävästi. (Hokkanen & Strömberg 2006, 83.)

Ishikawan laatufilosofian pääkohtina voidaan pitää seuraavia aatteita. Laatu on osa koulutusta, laatu lähtee asiakkaan tarpeista, juurisyiden poistaminen, asetetaan selkeät tavoitteet, kehitä laadunvalvontaa, käytä laatutyökaluja ja selvitä prosessin hajonta. (Andersson & Tikka 1997, 26–27.)

Ishikawan tunnetuimpia luomuksia on syy- ja seurauskaavio (kuvio 4). Sen avulla pystytään analysoimaan ongelmien vaikutussuhteita havaitulle ongelmalle tai kehityskohteelle. Ishikawan mukaan laatutyökaluilla voidaan ratkaista jopa 95 prosenttia laatuongelmista. (Andersson. & Tikka 1997, 27.) Diagrammin pohjimmainen idea on juurisyiden selvittäminen. Kaavio pystytään muuntamaan kahdeksi ongelmanratkaisutyyppiksi, jotka ovat hajonta-analyysi ja prosessiluokitus. Hajonta-analyysi on yleisemmin käytetty ja se on juurisyiden selvittämiseen parempi vaihtoehto. (Andersson & Tikka 1997, 69.)



Kuvio 4. Ishikawan kehittämä ongelmaratkaisuväline, syy- ja seurauskaavio. (Andersson & Tikka 1997, 69.)

Edellä kuvattu menetelmä on täydellinen ryhmätyöskentelyyn, kun pyritään ratkaisemaan tai kehittämään vaikkapa tiettyä prosessia. Kuviossa 4 näemme perinteisen syy- ja seurauskaavion. Kaaviota tulkitaan siten, että asetetaan ensiksi ongelma kaavion oikeaan laitaan. Seuraavaksi mietitään ongelman perussyyt, kuten tässä tapauksessa nähdään niiden olevan: koneet, materiaalit, menetelmät, ihmiset ja ympäristö. Jokaisen perussyyn kohdalla mietitään miksi ongelma ilmenee. Tähän käytetään avuksi 5\*miksi-menetelmää, jonka avulla päästään kiinni ongelman juurisyihin. (Leclin & Risto 2009, 201–202.)

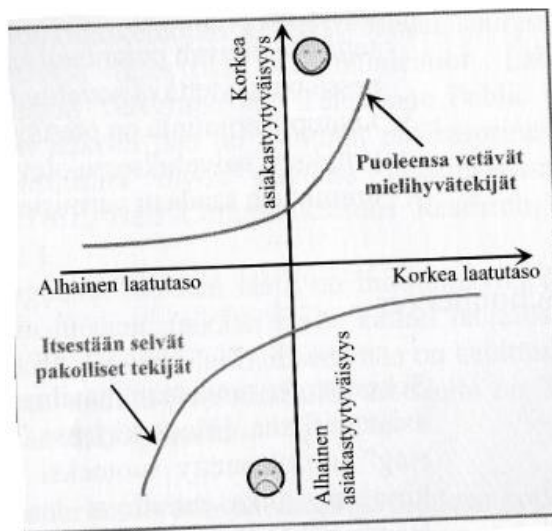
### 3.3.5 Armand Feigenbaumin laatufilosofia

Feigenbaum on Yhdysvalloissa vaikuttanut laatuasiantuntija. Hän työskenteli GE:n tuotanto- ja laatujohtajana kymmenen vuotta. Hän vaikutti yhdysvaltalaisen yritysten laatuohjelmiin kertomalla omasta näkemyksestään laadunohjauksesta liittyen sen käyttöön, periaatteisiin ja hallintaan. (Andersson & Tikka 1997, 26.)

Feigenbaumin filosofia jakautuu kolmeen pääkohtaan, jotka ovat johtamisen laatu, laadunvalvonta ja koulutukset. Johtamisen laadussa hän painottaa yritysjohtajan olevan keskeisimmässä roolissa. Laadunvalvonnassa yrityksen eri tahojen kuuluu tehdä saumatonta yhteistyötä, jotta laatua voidaan kehittää. Koulutuksella pyritään ylläpitämään henkilöstön laadutietoutta ja motivoimaan laadun suunnitteluun. (Andersson & Tikka 1997, 26.)

### 3.3.6 Noriaki Kanon laatufilosofia

Noriaki Kano on yksi nuorimmista laatuguruista. Hän on seurannut vahvasti Demingin ja Juranin jalanjalkia. Kano ryhmittelee laatuun vaikuttavat tekijät kahteen ryhmään: itsestään selvät pakolliset tekijät ja puoleensa vetävät piirteet. Kuviossa 5 on Kanon malli, jossa kuvaajassa verrataan asiakastytyvääsyyttä edellä mainittuihin vaikuttajaryhmiin. (Hokkanen & Strömberg 2006, 87.)



Kuvio 5. Kanon asiakastytyvääsyyden kuvaaja. (Hokkanen & Strömberg 2006, 87.)

Kanon laatuohjelma pitää sisällään kolme pääkohtaa. Ensimmäisenä painotetaan, että yrityksen täytyy pystyä täyttämään asiakkaitensa toiveet ja vaatimukset. Tällöin yritys on tiedostanut pakollisten ja puoleensa vetävin tekijöiden laadulliset erot ja pystynyt ylläpitämään niitä. Toinen kohta Kanon laatuohjelmassa on, jossa hän kehottaa käyttämään Demingin-ympyrää, jolla pyritään ensiksi havaitsemaan laatuvirheet, poistamaan ne ja huolehtimaan ettei samoja virheitä toisteta uudelleen. Kolmas kohta Kanon ohjelmassa on yrityksen sisäinen laatu-toiminta, jolla pyritään varmistamaan, että jokainen työntekijä on sitoutunut laatu-toimintaan. (Hokkanen & Strömberg 2006, 88.)

### 3.3.7 Richard J. Schonbergerin laatufilosofia

Richard J. Schonbergeriä pidetään yhtenä tunnetuimmista tuotannon asiantuntijoista. Hänen näkemys laatuun on hyvin tuotantopainotteinen. Schonbergin oppelaajat ovat Suomessa soveltaneet muun muassa Saab-Valmet Oy ja Kemppi Oy. Schonbergin laatuohjelma koostuu viidestä osiosta, jotka ovat: organisoitu toiminta, pyrkimys täydellisyyteen, virheiden poistaminen, tukea kaikkea kehitystä toiminnassa ja hyödyntää ongelmanratkaisuvälineitä. (Hokkanen & Strömberg 2006, 88–89.)

### 3.3.8 Genichi Taguchin laatufilosofia

Taguchi on yksi tunnetuimmista laatuasiantuntijoista. Hänet tunnetaan ainulaatuista laadun määritelmistä sekä laadunohjauksen työkaluista. Taguchi määrittelee laadun minimihävikkinä. Hän on luonut hävikin mittaamiseen matemaattisen mallin. Taguchin mukaan erinomainen tuote suoriutuu tehtävästään virheittä koko sen elinajan ja samanlaiset tuotteet ovat ominaisuuksiltaan täysin samanlaatuisia. (Hokkanen & Strömberg 2006, 89.)

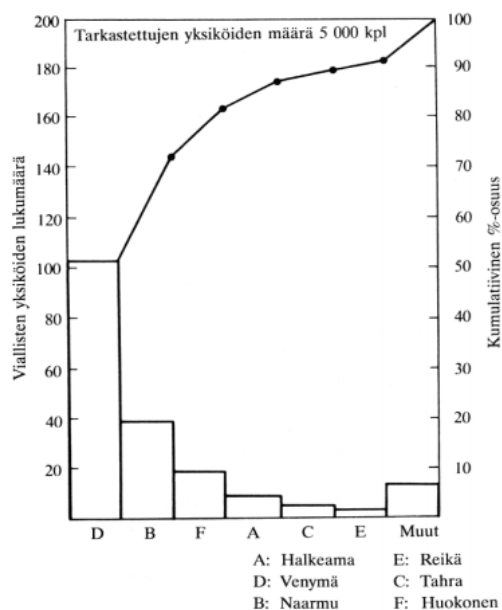
Taguchin laatufilosofia koostuu kuudesta pääkohdasta: kokonaishävikki on laadunmitta, laadun parantaminen ja kustannusten laskeminen, luoda tavoitearvot tuotteelle, vaihtelun vaikutus asiakkaaseen, laatu määritetty suunnittelussa ja valmistuksessa sekä vaihtelun hallinta. (Hokkanen & Strömberg 2006, 89.)

## 3.4 Laadun analysointimenetelmät

Prosessien laadun analysointia varten on syntynyt valtava määrä apuvälineitä ja työkaluja. Tunnetuimpia näistä ovat 7 laatutyökalua: histogrammi, tarkistuslista, pareto-analyysi, vuokaavio, ohjauskaavio, hajontakortti ja syy-seurausanalyysi (kalanruotokuvio). (Leclerc & Laine 2009, 201.)

### 3.4.1 Pareto-analyysi

Pareto-menetelmällä pystytään näkemään kerätty data graafisesti. Sillä pystytään luokittelemaan dataa lähteen, ajan, kustannusten tai tyyppin mukaan pylväsdiagrammeiksi. (Ihalainen & Hölttä 2001, 14.) Paretoilla pystytään kohdistamaan toimenpiteet eniten prosessia häiritseviin ongelmiin. Pareto -periaatteen mukaan 20 % ongelmakohdista aiheuttaa 80 % ongelmista ja kustannuksista. Parero-kaavion toteuttaminen etenee seuraavasti: kerätään dataa ongelmista, kategorioidaan kerätty data, verrataan kaikkien ilmenneiden ongelmien prosenttiosuutta kaikkiin ongelmiin sekä lopuksi luodaan pylväsdiagrammikaavio (kuvio 6), josta ilmenee selkeästi jokaisen ongelman prosenttiosuudet. (Carreira & Trudell 2006, 66.)



Kuvio 6. Pareto-diagrammi. (Hitoshi 1998,24.)

## 3.5 Laadunvalvonta tuotannossa

Laadunvalvonnalla pyritään poistamaan virheelliset ja toleranssit ylittävät tuotteet sekä komponentit tuotannosta. Esimerkiksi, kun halutaan tutkia jonkin valmistusprosessin laatua kattavammin silloin käytetään laadunohjausta. Laadunohjauk-



sessä valmistusprosessia voidaan kehittää hyödyntämällä havainnointitietoa, jota on kerätty kohde prosessista. Esimerkiksi kun seurataan prosessissa syntyvää laatuuhukkaa, pystytään havaitsemaan suurimpia vikojen aiheuttajia ja täten korjaamaan niitä. Tänä päivänä laadunohjauksesta ja laadunvalvonnasta on vastuussa työntekijä, työnjohtaja, tarkastaja, tilastollinen tarkastus sekä kokonaisvaltainen laadunohjaus eli käytännössä koko organisaatio vastaa laadunvalvonnasta. (Andersson & Tikka 1997, 29.)

### 3.6 Huonon laadun kustannukset

Huonolla laadulla on myös merkittäviä vaikutuksia erilaisiin ylimääräisiin kustannuksiin. Laatu-guruista muun muassa Feigenbaum on eritellyt laatukustannukset. (Andersson & Tikka 1997, 32.) Kuviossa 7 näemme, kuinka huonosta laadusta syntyvät kustannukset voidaan jakaa neljään eri ryhmään, jotka ovat virhekustannukset (sisäiset ja ulkoiset), valvontakustannukset ja ennaltaehkäiseväkustannukset. (McCormick 2002, 111.)



Kuvio 7. Feigenbaumin erittelemät laatukustannukset. (Andersson & Tikka 1997, 32.)

Kustannukset muodostuvat yleensä virheiden tekemisestä, niiden etsimisestä sekä niiden korjaamisesta. Laatukustannusten seuranta on yksi tehokkaimmista laadunohjauksen työkaluista. Kun tehdään seuranta huonon laadun aiheuttamista kustannuksista, nähdään konkreettisesti, kuinka suuri rahallinen tappio siitä syntyy. Yleisin virhe laatukustannusten havaitsemisessa on se, että niitä etsitään yleensä helpoimmasta paikasta, joka on tuotantovaihe. Tämä johtaa siihen, että suurin osa muilta osastoilta tulevista virheistä sekä niiden vaikutuksista jää huomioimatta. (Andersson & Tikka 1997, 31–32.)

### **3.7 Laatuongelmien havaitseminen**

Laatuongelmien havaitseminen on ensimmäinen lähtökohta laadun parantamiselle. Laadun parantaminen muodostuu henkilökunnan kyvyistä havaita tuotannossa ilmeneviä laatuongelmia. Ongelmat pystytään jaottelemaan kolmeen ryhmään, jotka ovat: strukturoidut, puolittain strukturoidut ja strukturoimattomat. Ryhmät on luokiteltu tietomäärän perusteella siten, että strukturoidussa ongelmassa tiedetään tarkalleen mitä tapahtuu ja mitä pitäisi tapahtua. Strukturoidut ongelmat on ratkaistavissa perinteisillä ongelmanratkaisumenetelmillä. Puolittain strukturoidut ja strukturoimattomat ongelmat taas ovat tyypillisesti hankalia ongelmia, jotka vaativat tehokkaampia menetelmiä. Tämän tyyppisessä tilanteessa ongelmat pitää tunnistaa ja rajata huolellisesti. (Andersson & Tikka 1997, 50–51.)

## 4 Tuotannon kehittämisen työkalut

### 4.1 Six Sigma

#### 4.1.1 Six Sigman historiaa

Six Sigma -menetelmä on saanut alkunsa Motorolan vuonna 1979 syntyneessä päätöksessä kehittää yhtiön huonolla tasolla olevaa laatua. Vuonna 1981 Motorolan toimitusjohtaja Robert Galvin asetti yhtiön tavoitteeksi kymmenkertaistaa toiminnan tehokkuus viiden vuoden ajanjaksolla. Merkittävimpiä muutoksia toiminnassa olivat Motorolan insinööri Bill Smithin tutkimuksissa tekemät havainnot. Havaintojen perusteella siirryttiin laadun tarkastuksen sijasta ennalta ehkäisevään toimintaan koko tuotantoprosessissa ja keskityttiin koko prosessin kehittämiseen pienten ja teknisten kehitysprojektien sijasta. Motorolan laadunkehitystyö kehittyi ja tuloksena se palkittiin vuonna 1988 Malcolm Baldrige Award laatu-palkinnolla. Motorolan menestyksen salaisuus tuli yleiseen tietoon ja vähitellen Six Sigma -menetelmä levisi teollisuuteen ja myös muille aloille. (Ihalainen & Hölttä 2001, 26–27.)

Six Sigma menetelmän luojina pidetään kolmikkoa: Bill Smith, Richard Schroeder sekä Mikel J. Harry. Six Sigma oli Motorolan vastaisku japanilaisten ylivoimaiseen laatuun 1980-luvulla. Bill Smith oli luonut pohjan tutkimuksillaan Six Sigman kehitykselle selvitettyään virheiden ja poikkeamien vaikutuksista laatuun ja tuotavuuteen. Six Sigman jatkokehityksen lopulta ideoivat Mikel J. Harry ja Richard Schroeder, joille Bill Smith oli luonut tietoperustan. Jatkokehitys vastasi kysymykseen miten Six Sigma saavutetaan. Jatkokehitys tapahtui ABB:llä 1990-luvun vaihteessa kun Mikel J. Harry työskenteli ABB:llä laatusysteemien kehittämisen parissa. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 10.)

Viimeiseen muotoonsa Six Sigman muokkasi Mikel J. Harry, joka työskenteli Motorolalla. Mikel J. Harry ja joukko insinöörejä muokkasivat Six Sigman insinööri työkalusta johtamismalliksi. Vuonna 1990 Robert Galvin nimitti Mikel J. Harryn johtamaan Motorolan Six Sigma tutkimusinstituuttia. Instituutissa kehitystyöhön

osallistui myös muita yrityksiä, kuten IBM, Texas Instruments, Asea Brown Boveri, Digital Electronics ja Kodak. (Ihalainen & Hölttä 2001, 27.)

1990-luvulla yritykset ympäri maailmaa alkoivat kiinnostua enemmän Six Sigma-la saavutettuihin tuloksiin ja menetelmä levisi teollisuudesta myös palvelutuotantoon. Merkittävin julkisuus Six Sigmalle tuli kun General Electric aloitti Six Sigman käytön vuonna 1994. General Electronics oli tunnettu kovasta johtamispolitiikastaan ja se jätti Six Sigmaan vaikutelman kovan linjan menetelmänä, johon yhdistetään raaka tulos tai ulos henkilöstöjohtaminen. Six Sigma ei kuitenkaan sisällä näitä elementtejä vaan jokainen yritys muokkaa siitä itsensä näköisen. (Ihalainen & Hölttä 2001, 27–28.)

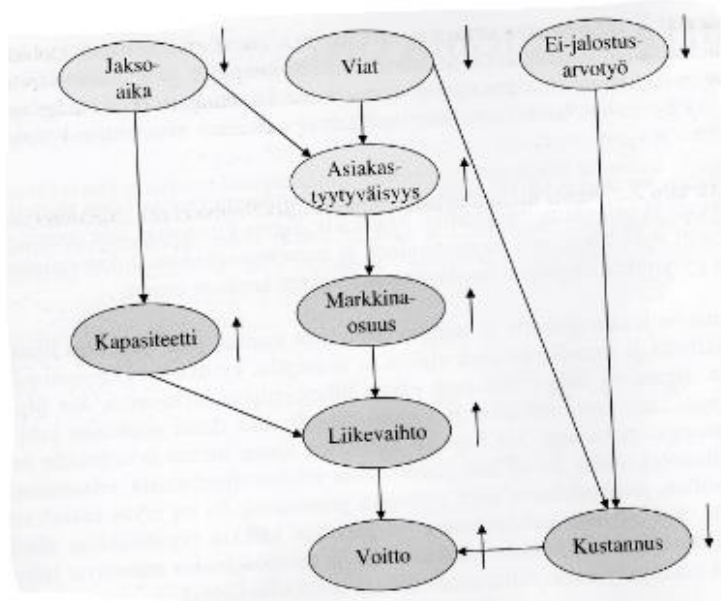
2000-luvulle tultaessa Six Sigma on levittäytynyt ympäri maailmaa hyvin monenlaisille aloille raskaasta teollisuudesta terveydenhuoltoon. Suomessa Six Sigmaa on sovellettu lähinnä käytännön toimintaan valmistavassa teollisuudessa. (Ihalainen & Hölttä 2001, 28–29.)

#### 4.1.2 Six Sigman määritelmä

Six Sigmaa pidetään yleensä pelkkänä tilastollisena menetelmänä. Se kuitenkin on tarkka prosessi, jolla pyritään tuottamaan lähes täydellisiä tuotteita ja palveluita asiakkaille. Ajatuksen lähtökohtana on saavuttaa nollavirhe-taso. Siihen pyritään prosessien mitattavuudella. Kun prosessista voidaan mitata virheiden lukumäärää, voidaan sitä kautta lähteä eliminoimaan virheitä ja pyrkiä lähemmäs nollavirhe-tasoa. (Lecklin 2006, 203–204.)

Six Sigman tärkein tavoite on keskittyä laatuun ja sitä kautta laatuuhukan poistoon. Sen avulla yritykset pystyvät valmistamaan tuotteitaan nopeammin, halvemmin ja paremmin. Six Sigma pyrkii myös parantamaan asiakastyytyväisyyttä, lyhentämään sykliaikoja, vähentämään virheitä ja poistamaan arvoa tuottamattomia tekijöitä. (Deepali 2010, 16.)

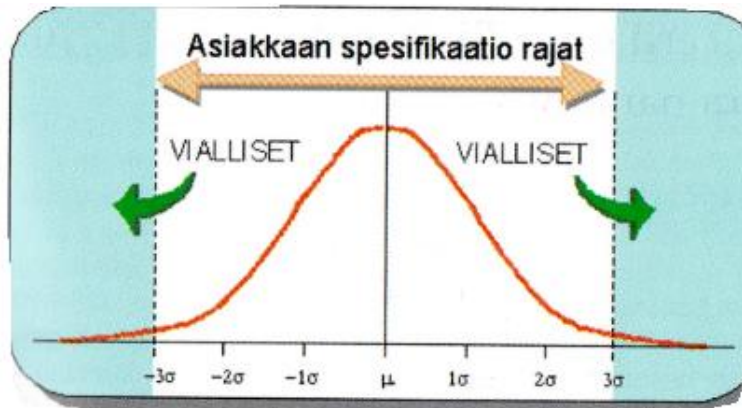
Kuviossa 8 nähdään Six Sigman neljälle osa-alueelle keskittyneet parannukset, joita ovat: parantunut asiakastytyväisyys, lyhentyneet läpimenoajat, vikojen vähentyminen sekä arvoa lisäävän työn kasvu. Näiden osa-alueiden kehittäminen tuo liiketoiminnalle kustannussäästöjä, uusia asiakkaita sekä liikevaihdon kasvua. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 17.)



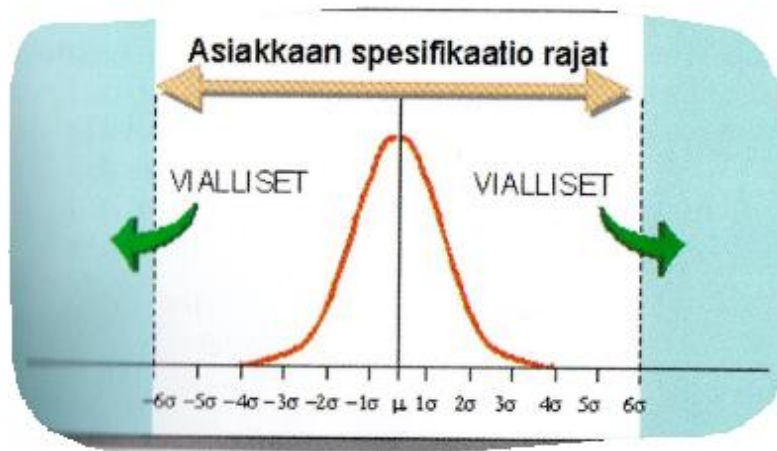
Kuvio 8. Six Sigman tulokseen vaikuttavat tekijät. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 18).

Sigma ( $\sigma$ ) on kreikkalainen kirjain, joka tarkoittaa matematiikassa standardipoikkeamaa. Sigmalla voidaan selvittää, kuinka paljon mittaustulokset vaihtelevat keskiarvosta ja kuinka paljon vaihtelua esiintyy tarkasteltavassa kohdeprosessissa. Six Sigma pyrkii vähentämään vaihtelua, jotta tuotteet ja palvelut täyttävät asiakkaan odotukset. Six Sigma menetelmässä keskitavaksi asetetaan 6, jolloin virheettömiä tuotteita on 99,99966 %, joten miljoonassa tuotteessa viallisia on 3,4. (Järviö & Lehtiö 2012, 129.) Kuviossa 9 yrityksen tavoitteet ja asiakkaan toivomukset mahtuvat kuuteen standardijakaumaan. Virheellisiä tuotteita on 3,4 kappaletta miljoonassa. (Ihalainen & Hölttä 2001, 21.)

Kuvioissa 9 ja 10 verrataan, kuinka Six Sigma prosessi eroaa normaalista tuotantoprosessista. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 66.)



Kuvio 9. Yleisesti yritysten prosessit toimivat 3-4 sigman tasolla. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 67.)



Kuvio 10. Tältä näyttää Six Sigma prosessi. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 67.)

Six Sigma keskittyy prosessien ja tuotteiden vakauttamiseen eliminoimalla vaihtelua. Sillä vähennetään yrityksen virhetoimintoja ja virheellisiä tuotteita. Tämä vaikutus näkyy kuviossa 11, jossa virhekustannukset pienenevät ja yrityksen tehokkuus paranee. (Järviö 2006, 92.)

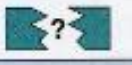




Six-Sigma taso	Saanto-%	Virhettä/miljoona	Huonon laadun kustannus
6	99,99966	3,4	< 1 %
5	99,977	233	5-15 %
4	99,38	6210	15-22 %
3	93,3	66807	25-40 %
2	69,1	308537	> 40 %
1	30,9	690000	> 40 %

Kuvio 11. Sigma tasoittain huonon laadun kustannukset. (Mukaillen Järviö 2006, 92.)

#### 4.1.3 Six Sigma DMAIC- ongelmanratkaisumalli

Six Sigma tunnetaan myös nimellä DMAIC-prosessi, jonka nimi tulee sen eri vaiheista, jotka ovat: Define (määritä), Measure (mittaa), Analyze (analysoi), Improve (paranna) ja Control (ohjaa). (Leclin & Laine 2009, 284.)

Menetelmän kehittäjä on Six Sigman kehittämisessä vaikuttanut Mikel J. Harry. Ongelmaratkaisumalli koostuu viidestä vaiheesta. Lähtökohtana menetelmässä on käyttää kerättyä tietoa ja tilastollisia ongelmanratkaisumenetelmiä. DMAIC-prosessi (kuvio 12) on paljon tehokkaampi ja luotettavampi kuin normaali ongelmanratkaisumalli. Sillä saadaan täsmällisempää ja yksityiskohtaisempaa tietoa. Sen avulla saatavia etuja on muun muassa: ongelman todistaminen faktoilla, asiakaslähtöisyys säästöistä huolimatta, juurisyiden toteaminen datalla, tehokkaita uusia ratkaisuja prosesseihin, ratkaisujen perusteellinen testaaminen, tulosten mittaaminen faktoilla ja muutoksen ylläpitäminen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 43–44.)

SIX SIGMA PROSESSIN PARANNUS		
Six Sigman vaiheet	Prosessin parannus	Prosessin suunnittelu/ uudelleen suunnittelu
 <b>1. MÄÄRITTELY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tunnista ongelma</li> <li>Määrittele vaatimukset</li> <li>Aseta tavoite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tunnista onko suppeat vai laajat ongelmat</li> <li>Määrittele tavoite/muutos visio</li> <li>Selkeytä ongelman laajuus ja asiakasvaatimukset</li> </ul>
 <b>2. MITTAUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kelpuuta ongelma/prosessi</li> <li>Viimeistele ongelma/tavoite</li> <li>Mittaa avainkohdat/inputit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mittaa vaatimusten suorituskyky</li> <li>Kerää prosessin hyötysuhteen määrittelyssä tarvittavaa dataa</li> </ul>
 <b>3. ANALYSOINTI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo syy-seuraus hypoteesi</li> <li>Tunnista keskeiset ydinsyyt</li> <li>Kelpuuta hypoteesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tunnista "paras käytäntö"</li> <li>Arvioi prosessisuunnitelmaa               <ul style="list-style-type: none"> <li>arvon/ei-arvon lisäys</li> <li>pullonkaulan/katkokset</li> <li>vaihtoehtoiset "polut"</li> </ul> </li> <li>Viimeistele vaatimuksia</li> </ul>
 <b>4. PARANNUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo idea, kuinka poistaa ydinsyyt</li> <li>Testaa ratkaisu</li> <li>Standardisoi ratkaisu/mittaa tulos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suunnittele uusi prosessi               <ul style="list-style-type: none"> <li>harjoitteelliset elementit</li> <li>käyt. luovutusta</li> <li>virransyönte</li> </ul> </li> <li>Toteuta uusi prosessi, rakenteet ja systeemit</li> </ul>
 <b>5. OHJAUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo standardimittaukset ylläpitämää suorituskykyä</li> <li>Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo mittaukset ja katselmoi ylläpitämää suorituskykyä</li> <li>Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy</li> </ul>

Kuvio 12. Six Sigma DMAIC- ongelmanratkaisumalli. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 49.)

#### 4.1.3.1 Määrittelyvaihe (Define)

Prosessi lähtee liikkeelle sen ensimmäisestä vaiheesta, joka on määrittelyvaihe. Tässä vaiheessa tarkoituksena on määrittää ongelma, päättää parannuksen kohde ja tarkoitus sekä luoda tavoitteet joihin pyritään. (Leclin & Laine 2009, 285.) Tässä vaiheessa on myös tiedostettava asiakkaan vaatimukset ja pyrittävä tähtäämään tavoitteet niihin. (Bicheno & Holweg 2009, 184.)

Kun tiedostetaan ongelma ja asiakasvaatimukset pystytään kartoittamaan projektin laajuus ja tarkoitus. Määrittelyvaiheessa projektiryhmän olisi syytä miettiä seuraavia kysymyksiä. Mikä on ongelma? Miksi tutkimme tätä ongelmaa? Ketkä ovat asiakkaitamme ja mitä he vaativat? Miten ongelman kanssa työskennellään tällä hetkellä ja millaiset ovat sen vaikutukset? Mitä hyötyjä saavutetaan tekemällä parannus? (Karjalainen & Karjalainen 2002, 46.)



#### 4.1.3.2 Mittausvaihe (Measurement)

Toinen vaihe prosessissa on mittausvaihe. Sen pohjimmainen tavoite on luoda kokonaiskuva tutkittavasta prosessista sekä kartoittaa prosessin nykytila tutkimustulosten perusteella. Prosessista mitataan prosessin saantoa ja kyvykkyyttä. (Leclin & Laine 2009, 286.)

Mittausvaiheessa todistetaan ongelman olemassaolo keräämällä tietoa ongelmasta ja mahdollisuuksista. Tässä vaiheessa ongelman aiheuttaja saattaa jopa muuttua aiemmin oletetusta syystä, koska tutkitaan juurisyitä. Toisena tavoitteena mittausvaiheessa voidaan pitää mittausten tulosten luotettavuuden varmistamista. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 47.)

#### 4.1.3.3 Analysointivaihe (Analysis)

Analysointivaiheessa verrataan määrittelyvaiheen tavoitteita sekä mittausvaiheen tuloksia keskenään. Näin paikallistetaan virheiden ja ongelmien juurisyöt sekä niiden vaikutukset. Tavoitteisiin verrataan myös mittausvaiheessa tutkittua saantoa ja suorituskkyä. Prosessi myös pilkotaan osiin ja jokainen osa arvioidaan erikseen. Näin pystytään päättämään mitkä osat tuottavat lisäarvoa ja mitkä hukkaavat resursseja. (Leclin & Laine 2009, 286.)

Analysointivaiheessa pyritään siis juurisyiden avulla havaitsemaan ongelmien aiheuttajia. Voidaan myös muuttaa aiempia johtopäätöksiä ja tietoja ongelmista kerätyn tiedon avulla. Analysointivaiheessa on kaksi erilaista ongelmanratkaisutapaa. Ensimmäinen on dataikkuna, jonka avulla tarkastellaan prosessia kerätyn tiedon avulla. Toinen tavoista on prosessi-ikkuna, jonka avulla tutkitaan puolestaan prosessia, tilastoja, pullonkauloja ja arvon lisääntymistä tuotteelle. Analysointivaiheella päästään haluttuun tulokseen jos saadaan tiedostettua ongelmien aiheuttajat ja ne pystytään todistamaan faktoilla. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 48–51.)

#### 4.1.3.4 Parannus- ja optimointivaihe (Improvement)

Parannusvaiheessa ongelma tunnetaan ja sen ratkaisemiseen aletaan kehitellä parannusmenetelmiä. Ensimmäisenä parannustoimenpide suunnitellaan, jonka jälkeen sitä myös testataan käytännössä. (Leclin & Laine 2009, 286.) Parannuksen toimivuus täytyy todistaa datalla, että parannuksesta on saatu hyötyä. (Bicheno & Holweg 2009, 184.)

#### 4.1.3.5 Ohjaus- ja valvontavaihe (Control)

Viimeisessä vaiheessa keskitytään jo tehtyjen parannusten vaikutuksien seuraamiseen. Mitataan prosessin suorituskykyä ja hajontaa. Poikkeamista kootaan yhteenveto, jonka jälkeen syitä tutkitaan ja arvioidaan täytyykö ongelmiin puuttua tai kehitellä uusia toimenpiteitä. Lisäksi voidaan tutkia myös mahdollisia lisäkehityskohteita. (Leclin & Laine 2009, 286.)

### 4.2 Lean määritelmä

Lean-ajattelu on alun perin lähtöisin Japanista Toyotan autotehtaalta. Toyota pyrki hukkien ja virheiden vähentämiseen huolellisella suunnittelulla, tarkalla ohjauksella ja luomalla tehokkaat tuotantoprosessit. Tavoitteena on pyrkiä eroon ylimääräisistä puskureista ja välivarastoista. (Leclin & Laine 2009, 281.)

Lean tarkoittaa tuottavuuden- ja laadunkehittämisohjelmaa. Suomeksi käännettyinä se tarkoittaa hoikkaa tai laihaa. Lean johtamisfilosofia pyrkiikin nimensä mukaisesti vähentämään toiminnasta turhia tehtäviä ja työvaiheita, jotta toiminta olisi mahdollisimman yksinkertaista ja tehokasta. Lean sisältää kattavasti erilaisia tekniikoita ja apuvälineitä. (Leclin & Laine 2009, 281.) Leanin päätavoitteena on pyrkiä korkeaan laatuun, matalaan hintaan, lyhyisiin sykliaikoihin, joustavuuteen ja jatkuvaan hukkan poistamiseen organisaatiosta. (Carreira & Trudell 2006, 4.) Lean sisältää myös 5 erilaista pääperiaatetta, jotka ovat: arvo asiakkaan näkökulmas-

ta, arvoketjun tunnistaminen, arvon virtaus, imuohjaus ja täydellisyyteen pyrkiminen. (Bicheno & Holweg 2009, 12.)

Leanin tärkeimpänä periaatteena pidetään tuotteen arvoa. Arvo määritetään asiakkaan näkökulmasta. Asiakkaat päättävät tuotteelle taikka palvelulle ne ominaisuudet, jotka tuovat tuotteelle/palvelulle lisää arvoa tai vähentävät sitä. Asiakkaita on kuitenkin erilaisia, joten toiselle arvoa vähentävä ominaisuus saattaakin olla arvoa lisäävä ja päinvastoin. Arvoa kasvattava työ liitetään yleensä niihin toimenpiteisiin, jotka konkreettisesti muokkaavat tuotetta valmiimmaksi asiakkaan käyttöä varten. Arvoa vähentävä työ on taas päinvastoin kaikki se mikä ei fyysisesti muokkaa tuotetta, näihin kuuluu muun muassa tuotteen seisominen varastossa, materiaalien tuhlaus ja resurssien väärinkäyttö. (Carreira 2004,2.)

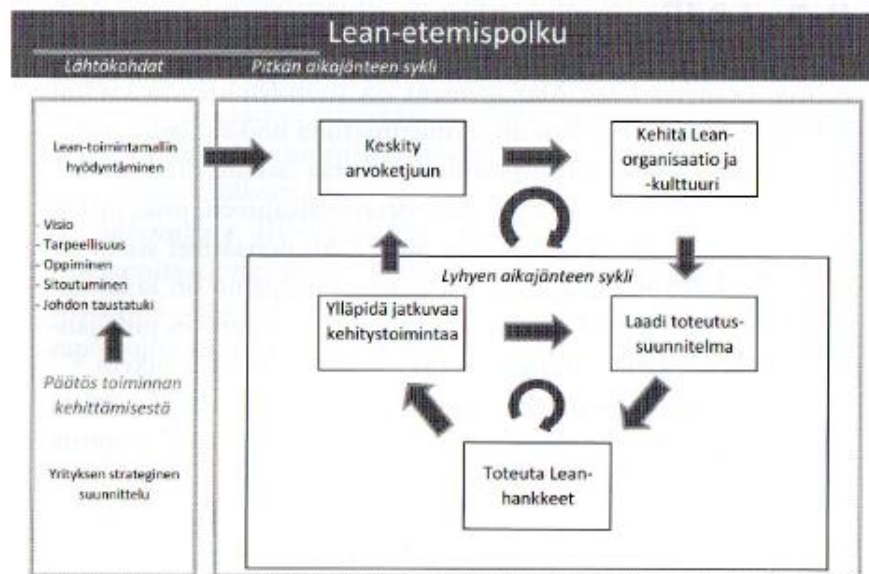
Toisena leanin periaatteena pidetään arvoketjun tunnistamista, jossa seurataan tuotteen etenemisen vaiheita VSM-kaaviolla sen suunnittelusta aina asiakkaan tuotteen käyttöönottoon saakka. Tarkoituksena on seurata jokaista vaihetta, kuten alihankkijoita, kuljetuksia, tuotteen prosessointia ja toimitusta asiakkaalle sekä kaikkien näiden vaikutuksia toisiinsa. (Bicheno & Holweg 2009, 12.)

Kolmantena periaatteena on arvon virtaus. Sillä pyritään tehokkaasti viemään tuotteet prosessien lävitse. Sen tavoitteena on tehdä kaikki kerralla oikein periaatteella. (Carreira & Trudell 2006, introduction, xiv.) Tuotteet kuuluu viedä prosessin läpi tehokkaasti, jolloin vältytään ajan haaskaukselta ja tuotteiden jonoutumiselta prossin aikana. Jos kuitenkin jonoutumista pääsee muodostumaan, täytyy sitä pyrkiä vähentämään säännöllisesti ja poistamalla jonoutumista aiheuttavat tekijät. (Bicheno & Holweg 2009, 12.)

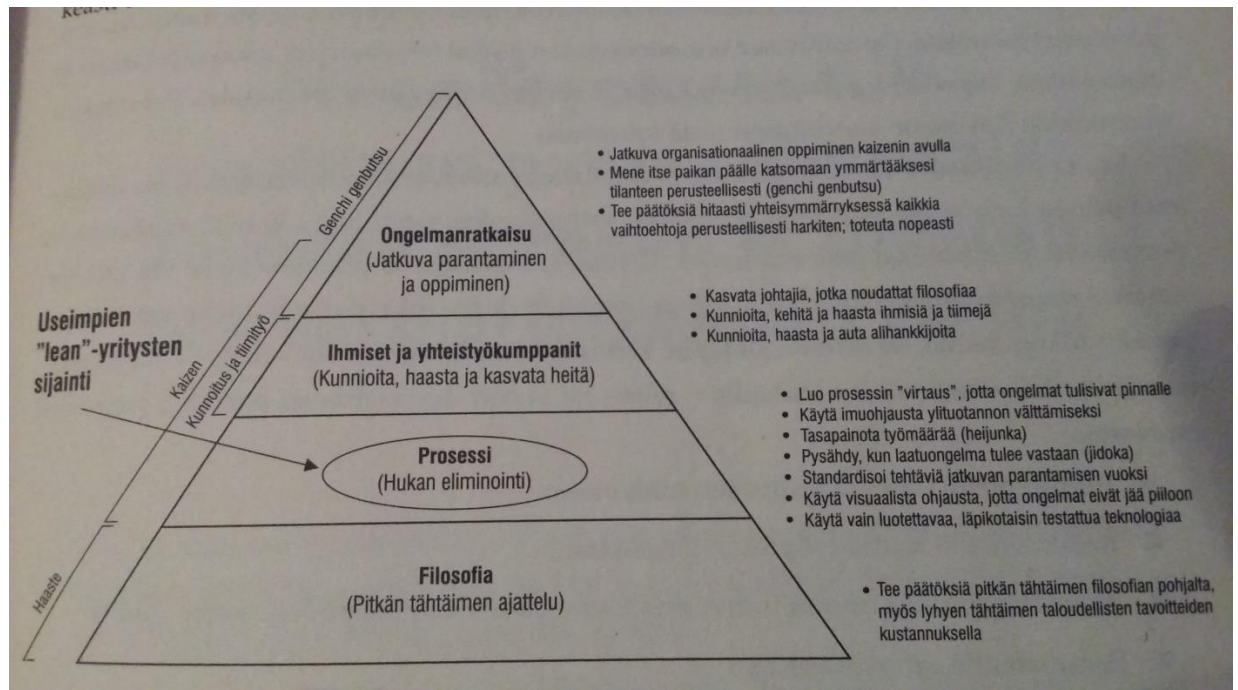
Imuohjaus on leanin neljäs periaate, jolla pyritään siihen, ettei pääse syntymään turhia välivarastoja ja jonoja tuotannossa. Imuohjaus tarkoittaa sitä, että asioita tehdään vaan silloin kun niille on kysyntää. Imuohjaus on siis asiakaspainotteinen tuotannonsuunnittelumenetelmä. Kun asiakas tilaa tuotetta sen valmistaminen aloitetaan vasta tilauksen jälkeen, näin vältytään resurssien tuhlaamiselta. (Carreira & Trudell 2006, introduction, xiv.)

Viimeisenä leanin periaatteena on täydellisyyteen pyrkiminen. Kyseessä on ehkäpä leanin kannalta kaikkein oleellisin periaate. Sen pohjimmaisena tavoitteena on vähentää hukkia tuotannossa ja näin keskittää hukkaresurssit arvoa lisäävään työhön. Tällä päästään siihen pisteeseen, että pystytään tekemään enemmän vähemmillä resursseilla. (Carreira & Trudell 2006, introduction, xiv.)

Lean toiminnan kehittäminen on prosessi, jolla yritykset pyrkivät strategiseen suunnitteluun, kehitystoiminnan ylläpitämiseen ja lopulta muovaamaan yritykseen Lean-organisaation (kuvio 13). (Leclin & Laine 2009, 281–282.) Yritys pystyy ainoastaan kehittymään Lean-organisaatioksi, jos edellä olevia leanin periaatteita noudatetaan onnistuneesti sekä jokainen yrityksen työntekijä sitoutuu pyrkimään yhteisiin asetettuihin tavoitteisiin. (Carreira & Trudell 2006, introduction, xiv-xv.) Muun muassa Toyota on luonut oman leanin jatkuvan ylläpitämisen mallin, joka on porrastettu neljän tason malliksi (kuvio 14). (Jeffrey 2006,13.)



Kuvio 13. Lean-organisaation kehitysvaiheet. (Leclin & Laine 2009, 282.)



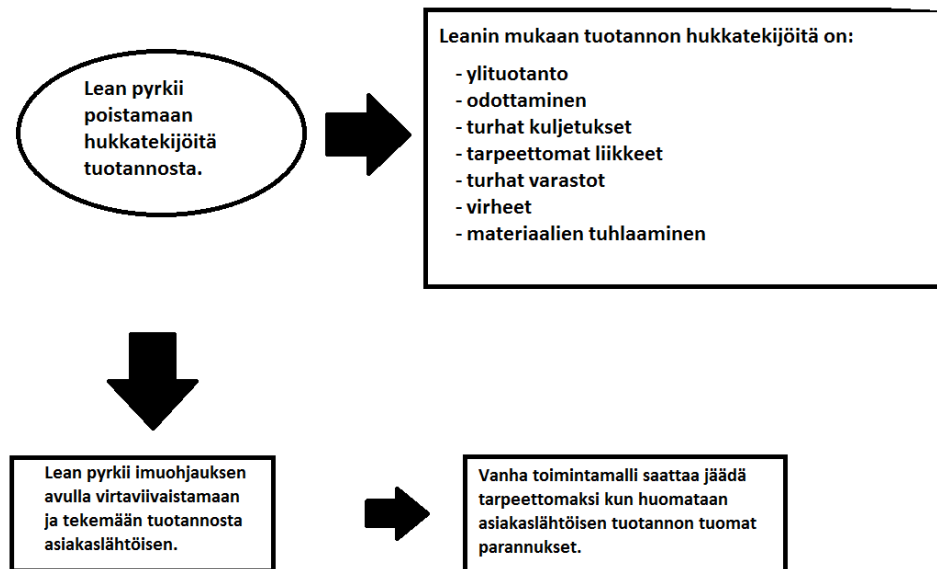
Kuvio 14. Toyotan luoma leanin ylläpitämisen neljän tason malli, jossa näkyy myös useimpien yritysten sijainti. (Jeffrey 2006,13.)

### 4.3 Lean Six Sigma määritelmä

Edellä mainittu Lean-ajattelu pyrkii vähentämään lisäarvoa tuottamattomia tekijöitä prosesseista ja viemään tuotteita prosessin läpi tehokkaammin. Six Sigma taas pyrkii puolestaan parantamaan tuotteiden laatua ja vähentämään hajontaa. (Carreira & Trudell 2006,3.) Lean Six Sigma yhdistää Lean-ajatuksen ja Six Sigman parhaita ominaisuuksia. Se sisältää menetelmiä, joilla pystytään vaikuttamaan prosessin jaksoaikaan, kustannuksiin sekä virheiden määrään. Lean Six Sigman tavoitteena on parantaa toimitusvarmuutta, kehittää asiakastyytyväisyyttä ja pitää hinta kilpailukykyisenä. (Leclerc & Laine 2009, 287.)

### 4.3 Lean hukcatekijät

Leanin tavoitteena on pyrkiä eliminoimaan seitsemää hukcatekijää tuotannosta ja keskittämään resurssit vain arvoalisäävään työhön. Kuviossa 15 näemme Leanin perusajatuksen. Leanin seitsemän hukcatekijää muodostuu ylituotannosta, odottamisesta, tarpeettomasta kuljettelusta, ylimääräisestä prosessoinnista, liiasta varastoinnista, turhista liikkeistä ja virheistä. (Pirasteh 2010, 43.) Edellä mainitut ovat asiakkaalle lisäarvoa tuottamattomia tekijöitä, joita lean pyrkii poistamaan. Leanin avulla prosessia voidaan organisoida, virtaviivaistaa sekä vähentää vaihtelua ja hajontaa prosesseista. (Leclin & Laine 2009, 283.) Toyotalla tehtaanjohtajana ollut Taiichi Ohno näki ylituotannon merkittävimpana hukan aiheuttajana. (Jeffrey 2006, 29.) Tämän opinnäytetyön ohella keskitytään virheistä ja laatupuutteista syntyvään laatu hukkaan tuotannossa.



Kuvio 15. Leanin perusajatus on poistaa hukcatekijöitä tuotannosta. (Mukaillen Peltonen 1997, 66.)

## 5 Tutkimuksen kulku

### 5.1 CAM-kokoonpanosolun esittely

Opinnäytetyöni kohteena on Abloy Oy:n Joensuun tehtaalla sijaitseva Door Control- yksikön CAM-kokoonpanosolu. Tuotantosolussa valmistetaan kahtatoista erilaista ovensuljinmallia, joista kaksi on ns. piilo-ovensulkimia ja loput perinteisempiä ovensulkimia. Valmistusmenetelminä solussa käytetään käsikokoonpanoa sekä puoliautomaattista kokoonpanolaitetta. Solussa on neljä eri työpistettä, joista työpisteet (kuvat 2, 3 ja 5) ovat perinteisiä käsikokoonpanopisteitä ja työpiste (kuva 4) on puoliautomaattinen kokoonpanolaite. Solussa on myös kaksi erillistä öljyntäyttökoneita. Kaikkiaan solussa työskentelee kahdeksan työntekijää.



Kuva 1. Ovensuljin ja vetolaite (Abloy Oy 2016).

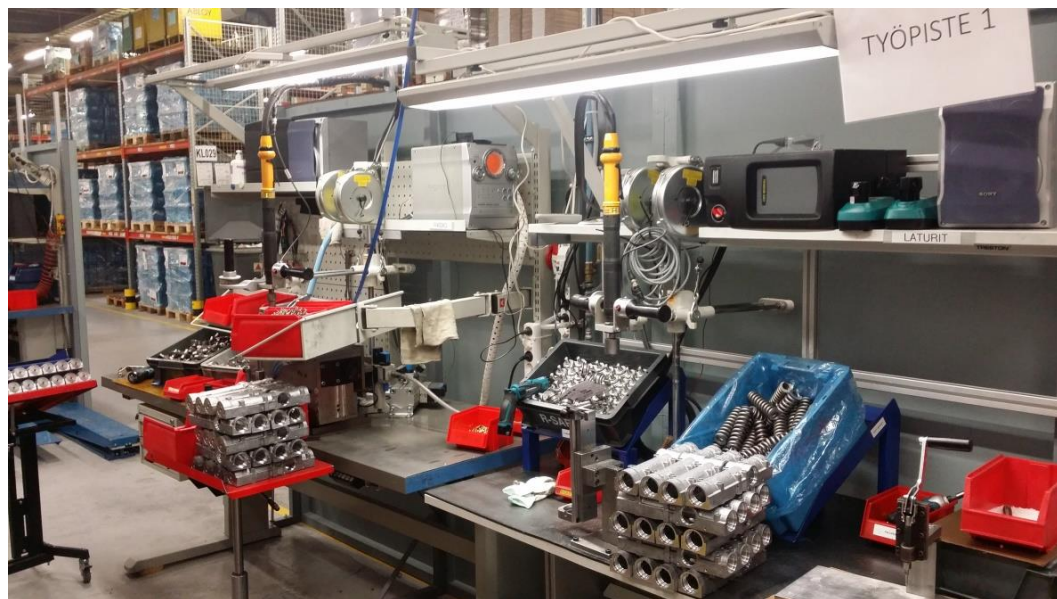
Solussa valmistettavissa ovensulkimissa on erilaisia komponentteja useita kappaleita riippuen ovensuljinmallista. Tuotteiden välillä kysyntä vaihtelee merkittävästi, josta näkee helposti suurimman menekin omaavat mallit. Suurimpaan osaan tuotteista pystytään käyttämään samoja komponentteja, mutta jokaisessa mallissa on myös poikkeavuuksia toisistaan komponenttien osalta. Tuotteita valmistetaan työpisteittäin, jolloin jokaisella työpisteellä voidaan pienillä asetusten muutoksilla kokoonpanna 2-4 erilaista ovensuljinmallia. Kappaleessa 5.2 on esitelty suurimman menekin omaavan ovensulkimen kokoonpanonvaihe käsikokoonpanossa. Solussa jokaisen tuotteen kokoonpanoprosessi etenee pitkälti sa-

malla tavalla pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta, minkä takia jokaisen prosessin yksityiskohtainen kuvaaminen ei ole tarpeellista.

Kaikkia komponentteja ei valmisteta Abloylla, vaan merkittävä osa tulee suoraan alihankkijoilta. Alihankkijoilta tulee muun muassa ovensulkimien runkoaihiot, mäntäaihiot ja nokka-aihiot, jotka hiotaan lopulliseen muotoonsa Abloylla. Muita alihankkijoiden kautta tulevia komponentteja on kymmeniä. Solussa käytettävistä komponenteista kaikki tulevat kokoonpanoon valmiina lukuun ottamatta laakeripesiä, joihin kokoonpanijat lisäävät o-renkaat ennen kokoonpanoa.

### 5.1.1 Työpiste 1

Työpiste 1 on käsikokoonpanopiste, jossa pystytään kokoonpanemaan DC500, DC700, FD740, DC700 DA, DC330 ja DC330 SH ovensuljinmalleja. Suljinmallien kokoonpanoprosessit ovat kutakuinkin samanlaiset, mutta niiden komponenteissa on joitakin eroavaisuuksia.

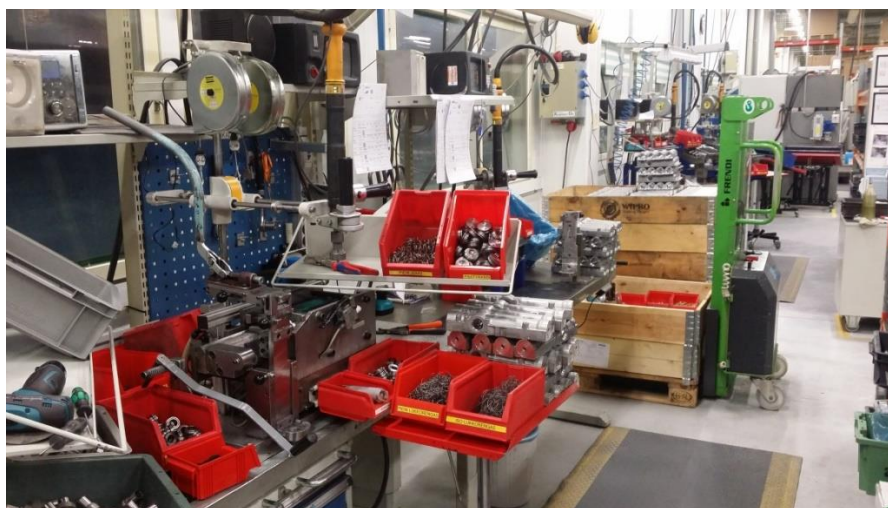


Kuva 2. Työpiste 1.



### 5.1.2 Työpiste 2

Työpiste kaksi on toinen käsikokoonpanopisteistä ja toimintaperiaatteeltaan samanlainen kuin työpiste yksi. Pisteellä voidaan kokoonpanna DC500, DC700, DC700 DA, DC330, DC330 SH ovensulkimia sekä asetuksen muutoksella DC840 ja DC 860 piilosulkimia.



Kuva 3. Työpiste 2.

### 5.1.3 Työpiste 3

Työpiste kolme on kokoonpanopisteistä pisimmälle kehitelty, sillä pisteellä on puoliautomaattinen kokoonpanolaite sekä voimansäätimen kiinnityslaite. Kokoonpanolaitteella pystytään kokoonpanemaan suljinmallit: DC700, DC500, DC330 ja DC330SH.



Kuva 4. Työpiste 3.

#### 5.1.4 Työpiste 4

Työpiste neljä on myös käsikokoonpanopiste, jolla kokoonpannaan ovensuljinmalleja DC250 ja DC250 SH. Kokoonpano muihin käsikokoonpanopisteisiin eroaa siitä, että pisteellä käytettäviä laakeripesiä ei puristeta paikalleen vaan ne kierretään paineilmavääntimellä. Tämän jälkeen laakeripesät lukitaan poraamalla laakeripesän ja rungon pintaan pieni kolo, johon lyödään karkaistu teräskuula lukitsemaan laakeripesä paikalleen.



Kuva 5. Työpiste 4.

### 5.1.5 CAM-öljyntäyttö

Öljyntäyttöpisteessä sijaitsee kaksi öljyntäyttökoneetta, joilla täytetään kaikkien edellä kuvattujen työpisteiden (1, 2, 3 ja 4) kokoonpanemat ovensulkimet hydraulisöljyllä. Öljyntäyttökoneilla pystytään täyttämään kaikki valmistettavat ovensulkimet kun koneisiin suoritetaan asetusten vaihto. Koneisiin vaihdetaan mallista riippuen erilaisia komponentteja sekä ohjelmia. Öljyntäytön jälkeen jokainen ovensulkija testaan testipenkissä käsin ja tämän jälkeen ne syötetään pesukoneeseen, joka pesee pumpuista pois lian ja öljyn.

## 5.2 Ovensulkimien kokoonpanoprosessi

### 5.2.1 Käsikokoonpano

Käsikokoonpano on jaettu kahteen eri vaiheeseen, jotka ovat: alkukokoonpano ja loppukokoonpano. Esittelen perusmallisen ovensulkimen kokoonpanoprosessin. Alkukokoonpanon ensimmäisessä vaiheessa ovensulkimen runkoon kiinnitetään säätöruuvi ja paloruuvi akkuvääntimellä. Tämän jälkeen jäljellä oleviin kaksiiin ruuvinreikiin laitetaan mekaanisella painimella tukiholkit, jotka vaikuttavat öljynvirtaukseen. Seuraavaksi ovensulkimen runko laitetaan erilliseen kuulausjigiin (kuva 5), jossa lyödään karkaistut teräskuulat (4kpl) siten, että ne tukkivat rungossa olevat poratut öljykanavat. Tämän jälkeen rungon päätykierteisiin kierretään voimansäädin momenttivääntäjällä ja laitetaan rungon toisesta päästä sisään iso kierrejousi, joka antaa ovensulkimelle voiman. Viimeisenä paloruuviin kantaan lyödään karkaistu teräskuula, jotta sitä ei loppukäyttäjä pysty avaamaan. Kun edellä mainitut vaiheet on tehty, siirtyy ovensuljin varsinaiseen loppukokoonpanoon, jossa se saa sisälleen loput tarvittavista komponenteista.



Kuva 6. Kuulausjigi.

Loppukokoonpanossa jatketaan siitä mihin alkukokoonpanossa jäätiin. Ovensuljin laitetaan kasausjigiin, jossa siihen ensimmäisenä pujotetaan takamäntä siten, että se asettuu aiemmin sisälle laitetun jousen päälle. Mäntä ja jousi painetaan aputyökalulla alaspäin, jolloin seuraavaksi saadaan asennettua rungon sivussa olevista rei'istä paikalleen nokka-akseli siten, että männän rulla asettuu nokan monttuun. Akselin ollessa paikallaan pujotetaan sen molempiin päihin aluslevyt ja laakeripesät. Tämän jälkeen hydraulisella painimella puristetaan laakeripesät kiinni. Tästä kokoonpano jatkuu vääntämällä kammella nokka-akseli ympäri 180 astetta ja laittamalla etumäntä paikalleen. Seuraavaksi takamännän päälle asetetaan pystyyn pieni kierrejousi ja sen jälkeen sen päälle kierretään päätykansi momenttivääntimellä. Lopuksi laakeripesät lukitaan lukitusrenkailla ja voimasäätimeen pyöritetään voimaa kolme kierrosta myötäpäivään. Tästä ovensuljin lähtee kokoonpantuna öljyntäyttökoneelle.

## 5.3 CAM-tuotantosolun laatuhukka

### 5.3.1 Kokoonpanon laatuhukka

Pyrin etenemään tutkimuksessani DMAIC-prosessin mukaisesti. Ensimmäisenä tehtävänä oli määrittää tutkimuksen kohde ja luoda työlle tavoitteet. Tutkimuksen kohteeksi asetettiin kokoonpanosolussa esiintyvien laatuongelmien kartoittaminen ja niiden vaikutus tuottavuuteen. Tavoitteeksi asetettiin kattava raportointi tuotannossa esiintyvistä laatuongelmista.

Jokainen hylätty komponentti ja kokonainen ovensuljin aiheuttavat ylimääräisiä laatu kustannuksia. Virheellisten komponenttien ja huonojen työmenetelmien poistaminen ja vähentäminen tuotannosta kasvattavat merkittävästi kokoonpanon tuottavuutta. Laatuhukkaa kokoonpanossa selvittäessä tutkimuskysymyksiksi asetan seuraavat: Minkälaisia laatuongelmia CAM-kokoonpanon komponenteissa ilmenee? Miten ongelmat heijastuvat syntyvään laatuhukkaan ja tuottavuuteen? Pystyykö laatuongelmia poistamaan tuotannosta?

Tällä hetkellä kokoonpanoprosessin laatuhukkaa ei seurata tarpeeksi kattavasti. Hylättyjen komponenttien määrä nähdään ainoastaan vuositasolla ja niiden hylkäyksiin johtaneista syistä ei kerätä tarpeeksi dataa, minkä takia ongelmia aiheuttavia syitä ei pystytä rajaamaan tarkasti. Kun kokoonpanija havaitsee kokoonpanossa viallisen komponentin, hän vain siirtää sen hylkylaatikkoon (kuva 7). Tämän jälkeen hän merkkää työkorttiin tukkimiehen kirjaimin vioittuneiden komponenttien määrän, jolloin hylkäämisen syy jää täysin huomioimatta. Tästä muodostui ongelma, kun pyrin selvittämään laatuhukan juurisyitä.

Edellä kuvatun ongelman ratkaisemiseksi päätin toteuttaa kokoonpanosolussa laatuhukan seurantajakson, jonka pituudeksi asetin kolme kuukautta. Tämä vaihe työssäni voidaan luokitella DMAIC-prosessin mittausvaiheeksi. Tuona aikana pyrin päivittäin itse kirjaamaan kokoonpanossa syntyvien hylättyjen komponenttien määrää ja arvioimaan niistä hylkäämiseen johtanutta syytä. Tässä vaiheessa py-

rin selvittämään prosessin nykytilan. Jokaisen päivän päätteeksi kyselin työntekijöiltä myös heidän mielipiteitään, mistä syystä komponentit olivat viallisia.

Kolmantena DMAIC-prosessin vaiheena on analysointivaihe. Aineiston analysointia varten minua ohjeistettiin keräämään kattava data käyttäen pareto-menelmää ja luomaan niistä pareto-kuvaajat. Pareto-kuvaajien avulla nähdään graafisesti mistä suurimmat laatuohukan aiheuttajat johtuvat ja niiden avulla pystytään kohdistamaan jatkotutkimukset oikeisiin kohteisiin. Tässä vaiheessa vertailin tavoitteitani ja mittausvaiheen tuloksia keskenään, joiden avulla pystyin rajaamaan tarkasti merkittävimmät laatuohumat ja raportoimaan niistä.

Tämän opinnäytetyön puitteissa ei ollut enää aikaa jatkaa DMAIC-prosessin kahden viimeiseen vaiheeseen, jotka ovat: parannus- ja optimointivaihe sekä ohjaus- ja valvontavaihe. Tarkoittaen sitä, että työn tuloksena saatiin raportointi kokoonpanosolussa esiintyvistä laatuohumista ja niiden vaikutuksista kokoonpanosolun tuottavuuteen.



Kuva 7. Viallisia komponentteja jalkalaatikossa



### 5.3.2 Öljyntäytön laatuhukka

Jokainen hylätty kokonainen ovensuljin aiheuttaa merkittävästi ylimääräisiä laatu-kustannuksia. Laatuhukkaa öljyntäytössä selvittäessä tutkimuskysymyksiksi asetin seuraavia. Mistä johtuu ovensulkimen hylkääminen? Mikä on juurisyy ovensulkimen hylkäämiseen? Pystytäänkö hylätyistä ovensulkimista keräämään enemmän tietoa, jolloin voidaan paneutua suurimpiin ongelmien aiheuttajiin?

Kun öljyntäytössä työskentelevä työntekijä havaitsee viallisen ovensulkimen, hän yleensä heittää sen hylkylaatikkoon (kuva 8), ilman että hylkäämiseen johtanutta syytä ilmoitetaan mihinkään. Tämä on suurin ongelma, joka hankaloittaa parannusten keskittämisen oikeisiin asioihin.

Öljyntäytön laatuhukan seuraaminen osoittautui ajanpuutteen takia todella haasteelliseksi, joten sen tarkempi seuraaminen päätettiin rajata pois tästä opinnäytetyöstä. Kokoonpanon tavoin suunnitelmani oli esittää öljyntäytöstä pareto-mentelmän avulla graafista kuvaa ongelmien laadusta ja määrästä.



Kuva 8. Viallisia ovensulkimia.

### 5.3.3 Työntekijöiden haastattelut

Päätin toteuttaa työntekijöiden haastatteluja CAM-kokoonpanosolussa koskien tuotannossa esiintyviä laatuongelmia. Valitsin haastateltaviksi neljä kokenutta kokoonpanijaa ja tein haastattelut nimettöminä. Haastattelussa työntekijöiltä kysyttiin kolme kysymystä, jotka kohdistuvat juuri tutkimiini aihealueisiin. Työntekijät saivat vuorotellen vastata seuraaviin kysymyksiin:

- 1. Mitkä ovat kolme eniten toistuvaa laatuongelmaa kokoonpanoprosessissa?*
- 2. Mitkä ovat kolme yleisintä öljyntäytössä ovensulkimen hylkäämiseen johtanutta syytä?*
- 3. Kuinka usein laatuongelmat vaikuttavat työntekoosi?*



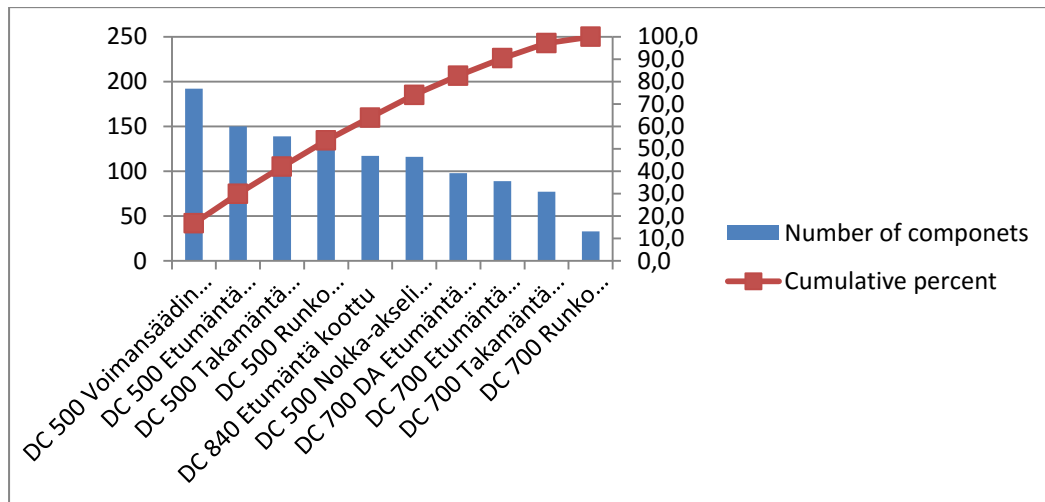
## 6 Tulokset

### 6.1 Kokoonpanon laatuhukka

Kokoonpanossa syntyvää laatuhukkaa onnistuin seuraaman suunnitelmien mukaisesti. Seurannan toteutin kesällä 2015 (kesä-, heinä- ja elokuussa). Hylättyjä kappaleita kertyi reilusti seurantajakson aikana, jonka avulla sain luotettavan aineiston. Ikävä kyllä sain jälkeenpäin tietää, että Abloylla olisi ollut datan keräämiseen soveltuva tietojärjestelmä lukituspuolella jo ennestään, mutta järjestelmän käyttöön ei ollut perehdytty vielä Door Control-yksikössä. Tällä järjestelmällä olisi saanut kerättyä paljon luotettavamman ja kattavamman aineiston tutkimukseeni. Kokoonpanossa esiintyy paljon erilaisia laatuvariaatioita komponenttien välillä ja ongelmat tulevat ns. kausittain. Oma keräämäni kolmen kuukauden seurantajakso ei tästä syystä kuvaa tarkasti pitkällä aikavälillä näkyviä ongelmia. Tällä tarkoitan, että toteuttamani seurantajakson aikana olevat ongelmat eivät välttämättä näy tämän hetkisessä tuotannossa, mutta ovat silti potentiaalisia uusiutumaan.

Seurantajakson aikana laatuhukaksi kirjasin yhteensä 4628 kappaletta erilaisia komponentteja kokoonpanoprosessista. Näistä muodostui rahallista laatuhukkaa kokonaisuudessaan 7564,79€.

Kerättyäni dataa kokoonpanoprosessista käytin kirjanpidossa Excel-taulukko ohjelmaa, minkä avulla pystyin vaivattomasti tekemään selkeät listaukset syntyvästä laatuhukasta. Excelillä pystyin myös helposti luomaan selkeät Pareto-kaaviot, joista nähdään merkittävimpien laatuhukkien aiheuttajat ja niiden prosenttiosuudet. Komponenttien suuren lukumäärän takia päätin rajata tutkimuksen kymmenen eniten rahallista laatuhukkaa aiheuttaviin komponentteihin, joista lähden tutkimaan mahdollisia parannuskohteita. Kuviossa 15 näemme pareto-analyysin, jossa on kymmenen eniten kappalemäärällistä ja rahallista laatuhukkaa aiheuttavaa komponenttia järjestettynä kappalemäärän mukaan suurimmasta pienimpään. Kuvion 16 Pareto-analyysissä taas nähdään samat kymmenen komponenttia, mutta järjestettynä rahallisen menetyksen mukaan suurimmasta pienimpään.



Kuvio 15. Pareto-analyysi hylättyjen komponenttien kappalemäärästä. (Tekijä: Olli Keinonen)

Kuvio 16. Pareto-analyysi syntyneestä rahallisesta laatu hukasta. Näkyy ainoastaan Abloylle menevässä versiossa opinäytetyöstä. (Tekijä: Olli Keinonen)

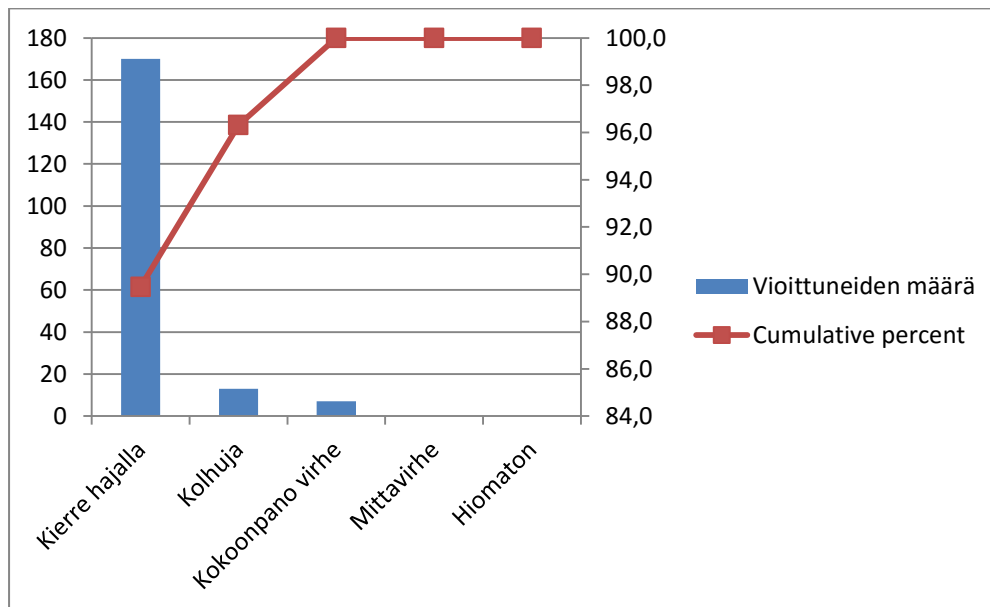
Edellä kuvatuissa Pareto-kaaviosta emme pysty kuitenkaan näkemään mistä syystä komponentit ovat vioittuneet. Pystymme vain toteamaan niiden määrän ja rahallisen arvon. Näemme myös listalla merkittävän paljon kahden suljinmallin komponentteja, joka osaltaan myös johtuvat mallien voimakkaasta menekistä. Seurantaa tehdessä DC 500 malli kokoonpantiin puoliautomaattisella kokoonpanolaitteella ja DC 700 kasattiin käsikokoonpanossa. Kyseiset mallit ovat komponenteiltaan melkein identtiset.

Tämän takia tutkimusta pitää syventää tarkastelemaan tiettyä komponenttia ja sen vikaantumiseen johtaneita syitä. Aloitetaan tarkastelemalla määrällisesti eniten vioittunutta komponenttia, joka on voimansäädin ja tutkitaan sen vaikutuksia muiden hylättyjen komponenttien määrään. Kuvassa 9 näemme käytännössä jokapäiväisen näyn puoliautomaattisella kokoonpanolaitteella, jossa voimansäätimen kiinnitys laite hajottaa voimansäätimen kierteen tehden siitä käyttökelvottoman. Voimansäätimen hajotessa kaikki metallisilppu tippuu ovensulkimen sisälle, jolla on merkittäviä vaikutuksia ovensulkimen toimintaa käyttökohteessa.



Kuva 9. Kokoonpanolaitteen hajottama voimansäädin. (Kuva: Olli Keinonen)

Tein voimansäätimen vikaantumisesta pareto-analyysin (kuvio 17), josta nähdään selvästi, kuinka merkittävä osa voimansäätimistä hajoaa juuri kierteen osalta kokoonpantaessa.



Kuvio 17. Pareto-analyysi voimansäätimen vikaantumisesta.

Merkittävimpinä syinä voimansäätimien vikaantumiseen voidaan pitää mittavirheellisiä voimansäätimiä (kuva 10) tai liian mittatarkkaa kokoonpanolaitetta, joka vaatii tarkasti mitoitettuja voimansäätimiä. On myös mahdollista, ettei kyseinen kokoonpanomenetelmä sovi tähän käyttötarkoitukseen. Kokoonpantaessa huo-

mattiin, että käsikokoonpanopisteellä identtiset voimansäätimet eivät aiheuta käytännössä lainkaan vikaantumisia, josta pääteltiin voimansäätimissä olevan jonkin verran mittaheittoja.



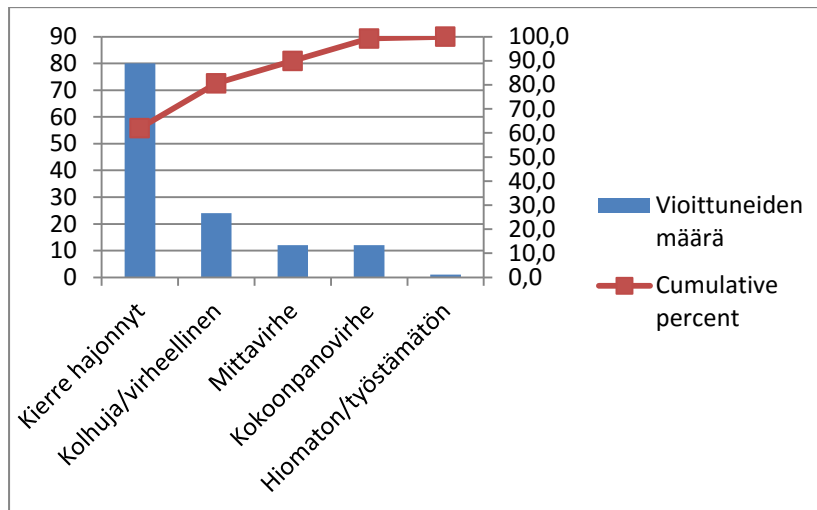
Kuva 10. Voimansäädin. (Kuva: Olli Keinonen)

Voimansäätimien kiinnittäminen on siis todella merkittävässä osassa kun ajatellaan kokoonpanossa syntyvää laatu hukkaa. Voimansäätimen kiinnittäminen on puoliautomaattisella kokoonpanolaitteella viimeinen työvaihe ennen kuin ovensuljin menee öljyntäyttöön. Ovensuljin on siis käytössä koottu kokonaan ja siinä on merkittävästi materiaalia ja rahaa sitoutuneena. Kuvassa 11 näemme, kuinka voimansäätimen kiinnityksessä on tapahtunut virhe ja se ei ole mennyt kunnolla kierteilleen, tämän seurauksena koko ovensulkija on käyttökelvoton ja se laitetaan hylkylaatikkoon.



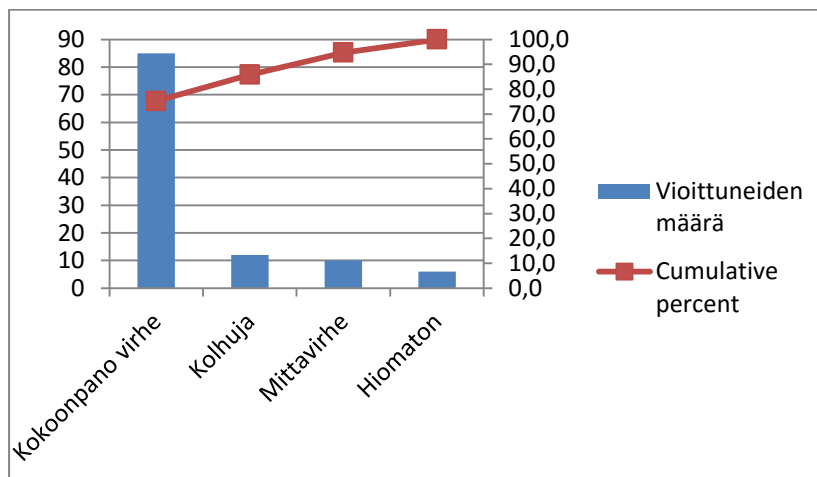
Kuva 11. Viallinen DC 500 ovensuljin. (Kuva: Olli Keinonen)

Edellä kuvatulla kokoonpanovirheellä on siis merkittäviä vaikutuksia muiden komponenttien hylkäämiseen, vaikka komponentit eivät edes varsinaisesti ole viallisia. Yksi näistä komponenteista on ovensulkimessa käytetty DC 500 runko. Kuvion 18 pareto-analyysissä näemme seurannan aikana runkojen vikaantumisiin johtaneet syyt. Siitä huomataan, että suurimmaksi syyksi nousee kierteen hajoaminen, joka hajoaa sen seurauksena, että voimansäädin kiertyy väärille kierteille. Rungoissa ei seurannan aikana selvinnyt muita merkittäviä hylkäyksiin johtaneita syitä.



Kuvio 18. Pareto-analyysi DC 500 rungon vikaantumisesta.

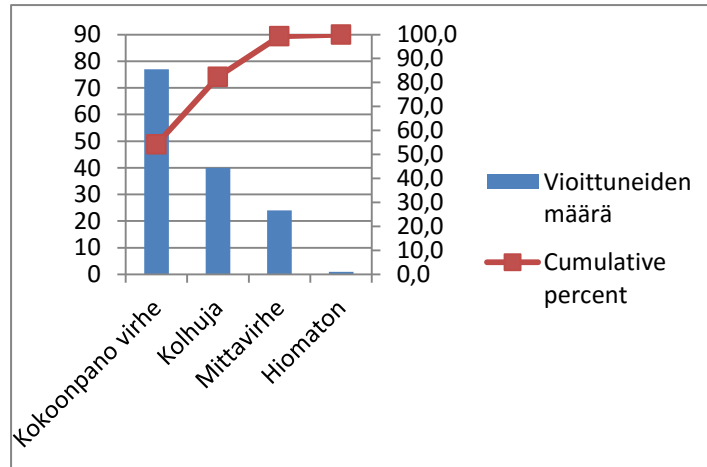
Kokonaisten ovensulkimen hylkääminen voimansäätimen kiinnityslaitteen aiheuttamasta kierteen vaurioitumisesta johtaa myös nokka-akselin hylkäämiseen, koska vioittunutta ovensuljinta ei pureta enää osiin. Tämän vaikutus nähdään kuviossa 19, jossa melkein kaikki hylätyt nokka-akselit ovat menneet laatuhukaksi voimansäätimen kokoonpanovirheen takia.



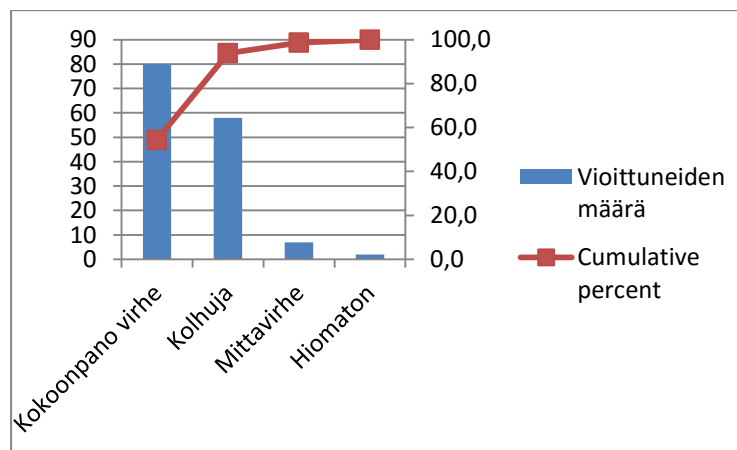
Kuvio 19. Pareto-analyysi DC 500 nokka-akselin hylkäämiseen johtaneista syistä. (Tekijä: Olli Keinonen)

Myös merkittävän paljon rahallista laatuhukkaa aiheuttaa kokonaisten ovensulkimien mukana turhaan hylätyt männät (etu- ja takamäntä). Kuvioissa 20 ja 21 nä-

emme kuinka molemmissa komponenteissa suurin hylkäämisen syy on kokoonpanovirhe.



Kuvio 20. Pareto-analyysi DC 500 takamännän hylkäämisen syistä. (Tekijä: Olli Keinonen)

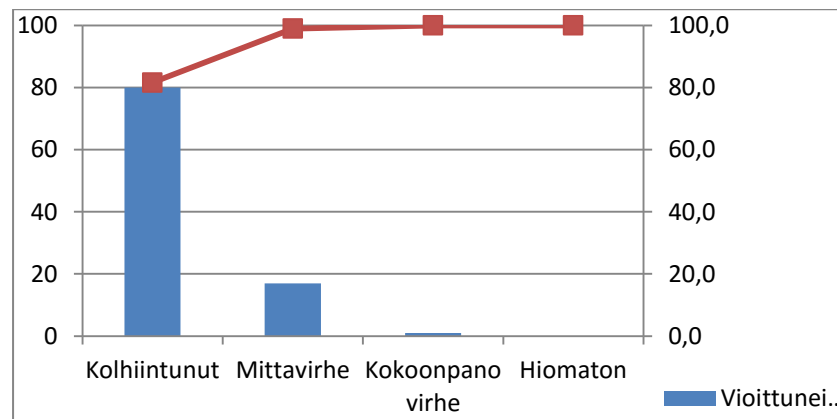


Kuvio 21. Pareto-analyysi DC 500 etumännän hylkäämisen syistä. (Tekijä: Olli Keinonen)

Huomataan kuitenkin myös, että molempien mäntien seuraavaksi suurin hylkäämisen syy on kolhut ja naarmut männän pinnassa. Mäntien kolhiintumiseen ja naarmuttumiseen voidaan nähdä monta vaihtoehtoa. Kolhiintuminen voi tapahtua mäntien hiontakoneella kun männät tulevat syöttöhihnaa pitkin ja tipahtavat valmiiden mäntien joukkoon pyörivälle tasolle. Männät saattavat kolhiintua myös

osakokoonpanossa, jossa männät loppukasataan ennen varsinaista kokoonpanoa. Yhtenä vaihtoehtona kolhiintumiselle on myös mäntien siirtely eri työpisteiltä toiselle. Männät kuljetetaan melko väljissä laatikoissa, joissa ne pääsevät liikkumaan ja hankautumaan toisiaan vasten.

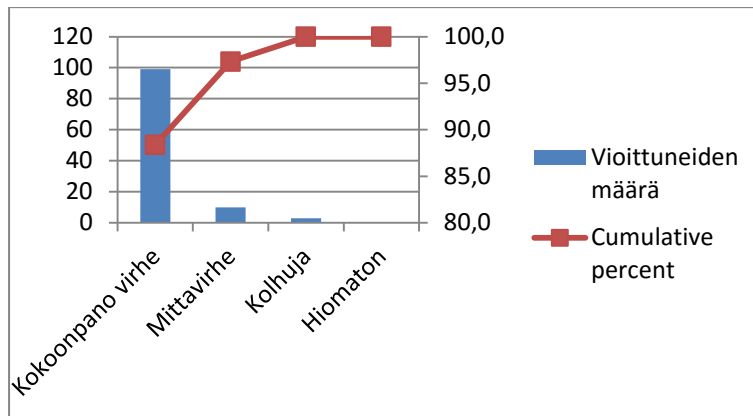
Mäntien kolhiintumisesta yksi mainio esimerkki seurannan aikana ilmenneistä vioista on DC 700 DA etumäntä. Mäntä on erimallinen kuin muihin ovensuljinmallihin käytettävät männät. Kyseinen mäntä on seinämältään ohut ja näin ollen se on hyvin herkkä siihen kohdistuneille iskuille, joka näkyy myös selkeästi kuviosta 22.



Kuvio 22. DC 700 DA etumäntien vioittumisen syyt.

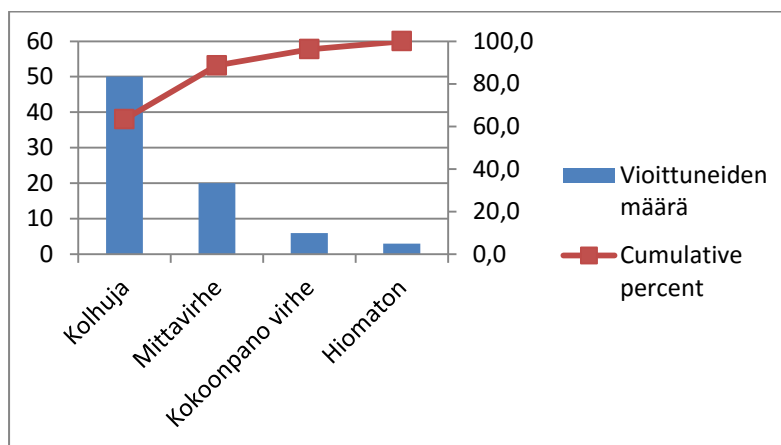
Mäntien kanssa on ongelmia myös DC 840 piilosuljin mallissa, jossa seuranta-jakson aikana ilmeni toistuvasti, että etumäntä oli jostain syystä levinnyt sen osakokoonpanossa. Vian uskotaan johtuvan mäntien kokoamiseen käytetyistä laitteista, jossa mäntään kohdistuu puristusvoimaa. Kuviossa 23 nähdään DC 840 etumäntien merkittävimmäksi hylkäämiseen johtaneeksi syyksi kokoonpanossa tapahtunut virhe.



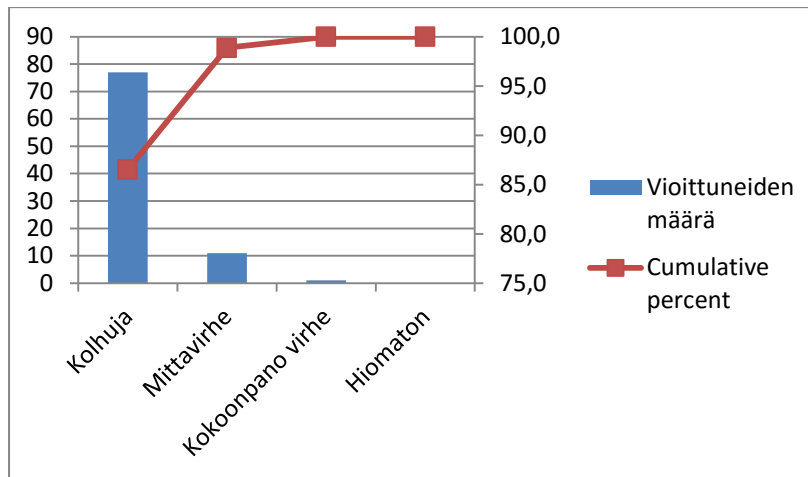


Kuvio 23. DC 840 piilosulkimen etumännän vikaantuminen. (Tekijä: Olli Keinonen)

Jotta pystyisin tuomaan jonkinlaista vertailua puoliautomaattisen ja käsikokoonpanon välille, päätin eritellä eri työpisteiltä tulevaa laatu hukkaa. Käsikokoonpanossa ei ole erinäistä voimansäätimen kiinnityslaitetta, joka näkyy heti komponenttien hylkäämisen selvänä laskuna. Esimerkkinä käytän käsikokoonpanossa olleita mäntiä. Käsikokoonpanossa kasattiin DC 700 mallia jolla on identtiset männät DC 500 mallin kanssa. Kuvioista 24 ja 25 näemme selvästi kuinka kokoonpanosta johtuvat hylkäämiset ovat selvästi laskeneet. Samoja ongelmia on kuitenkin havaittavissa mäntien kolhiintumisen ohella.

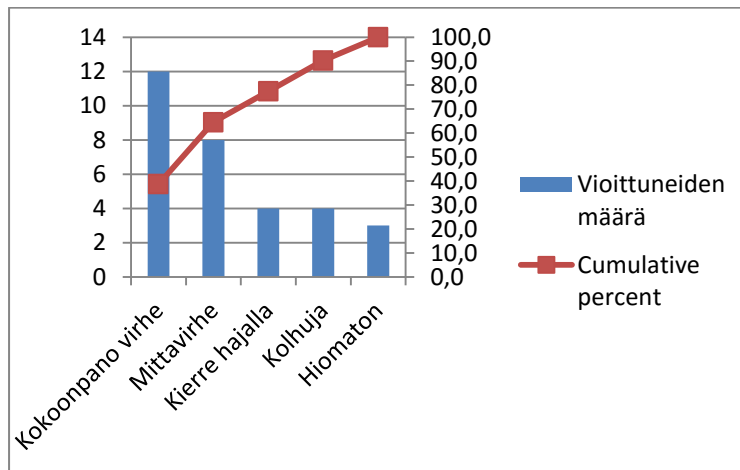


Kuvio 24. Käsikokoonpanossa hylätyt DC 700 takamännät. (Tekijä: Olli Keinonen)



Kuvio 25. Käsikokoonpanossa hylätyt DC 700 etumännät. (Tekijä: Olli Keinonen)

Käsikokoonpanossa myös runkojen vikaantuminen on selvästi vähäisempää kuin puoliautomaattikonella. Käytännössä runkojen vikaantumisen määrä on  $\frac{1}{4}$  osa puoliautomaattiin verrattuna, kuten kuvio 26 sen osoittaa.



Kuvio 26. Käsikokoonpanossa hylätyt DC 700 rungot. (Tekijä: Olli Keinonen)

Kokoonpanoprosessin osalta toteuttamallani seurannalla voidaan osoittaa kaksi hyvin merkittävää laaturiskin omaavaa kohdetta, jotka ovat: puoliautomaattisen kokoonpanolaitteen voimansäätimen kiristysvaihe, sekä mäntien valmistus, kuljetus ja kokoonpano. Muita merkittäviä laatuongelmia en havainnut seurannan aikana.

## 6.2 Öljyntäytön laatuhukka

Tämän opinnäytetyön toisena lähtökohtana oli tutkia myös öljyntäytössä syntyvää laatuhukkaa. Sen huomattiin olevan ajallisesti todella kuormittava ja juurisyiden selvittäminen todettiin hankalaksi. Öljyntäytössä hylättyjen ovensulkimien määrä on kuitenkin todella suuri ja sillä on merkittäviä vaikutuksia syntyvään laatuhukkaan. Riippuen kuukaudesta huomattiin, että öljyntäytössä oleva hylättyjen ovensulkien jalkalaatikko (kuva 12) täyttyy ääriään myöten lähes poikkeuksetta. Viallisia ovensulkimia kertyy kuukaudessa vaihtelevasti siis noin 50–120 kappaletta.



Kuva 12. Viallisia ovensulkimia.

Suurimpana kehityskohteena öljyntäytön osalta näen hylättyjen ovensulkimien seurannan parantamisen. Myöskään öljyntäytön laatuuhukkaa ei seurata ja tukita riittävällä tasolla. Hylättyjen ovensulkimien määrä nähdään ainoastaan vuositasolla ja niiden hylkäyksiin johtaneista syistä ei kerätä riittävästi tietoa, jonka takia ongelmia aiheuttavia syitä ei pystytä rajaamaan tarkasti. Parannuskohteita on myös mahdoton arvuutella ilman laajempaa kerättyä tietoa viallisista ovensulki-joista.

### 6.3 Työntekijöiden haastattelujen tulokset

Työntekijöiden haastattelujen perusteella voidaan nähdä seurantajakson aikana esille tulleiden laatuongelmien olevan periaatteessa samat kuin kokeneiden kokoonpanijoiden näkemykset pidemmältä aikaväliltä asiasta kysyttäessä.

#### 1. Mitkä ovat kolme eniten toistuvaa laatuongelmaa kokoonpanoprosessissa?

<i>Laatuongelma</i>	<i>Työntekijä 1</i>	<i>Työntekijä 2</i>	<i>Työntekijä 3</i>	<i>Työntekijä 4</i>
1	<i>Mäntä/runko sovite</i>	<i>Mäntä/runko sovite</i>	<i>Mäntä/runko sovite</i>	<i>Mäntä/runko sovite</i>
2	<i>Puol.aut. voimansäätimen kiristysvaihe</i>	<i>Puol.aut. voimansäätimen kiristysvaihe</i>	<i>Puol.aut. voimansäätimen kiristysvaihe</i>	<i>Mäntien kolhiintuminen</i>
3	<i>Piilosulkimien männät (kohuja ja levinneet osakokoonpanossa)</i>	<i>Piilosulkimien männät (kohuja ja levinneet osakokoonpanossa)</i>	<i>Piilosulkimien männät (kohuja ja levinneet osakokoonpanossa)</i>	<i>Piilosulkimien männät (kohuja ja levinneet osakokoonpanossa)</i>

Kuvio 27. Työntekijöiden listaamat kolme suurinta laatuongelmaa.

2. Mitkä ovat kolme yleisintä öljyntäytössä ovensulkimen hylkäämiseen johtanutta syytä?

<i>Hylkäämisen syy</i>	<i>Työntekijä 1</i>	<i>Työntekijä 2</i>	<i>Työntekijä 3</i>	<i>Työntekijä 4</i>
1	<i>Pidot puuttuvat</i>	<i>Pidot puuttuvat</i>	<i>Pidot puuttuvat</i>	<i>Aj ei toimi</i>
2	<i>Aj ei toimi</i>	<i>Aj ei toimi</i>	<i>Aj ei toimi</i>	<i>Pidot puuttuvat</i>
3	<i>Runkojen ruuvien kierteet</i>	<i>Runkojen ruuvien kierteet</i>	<i>Runkojen ruuvien kierteet</i>	<i>Runkojen ruuvien kierteet</i>

Kuvio 28. Öljyntäytössä hyljättyjen ovensulkimien merkittävimmät syyt.

Öljyntäytössä esiintyviä hylkäämiseen johtaneita syitä pystyttäisiin seuraamaan AX-järjestelmällä jos sen käyttöön perehdyttäisiin paremmin. Tällä hetkellä järjestelmään merkitään vain hyljättyjen kappaleiden lukumäärä ja hylkäämiseen johtanutta syytä ei merkata mihinkään.

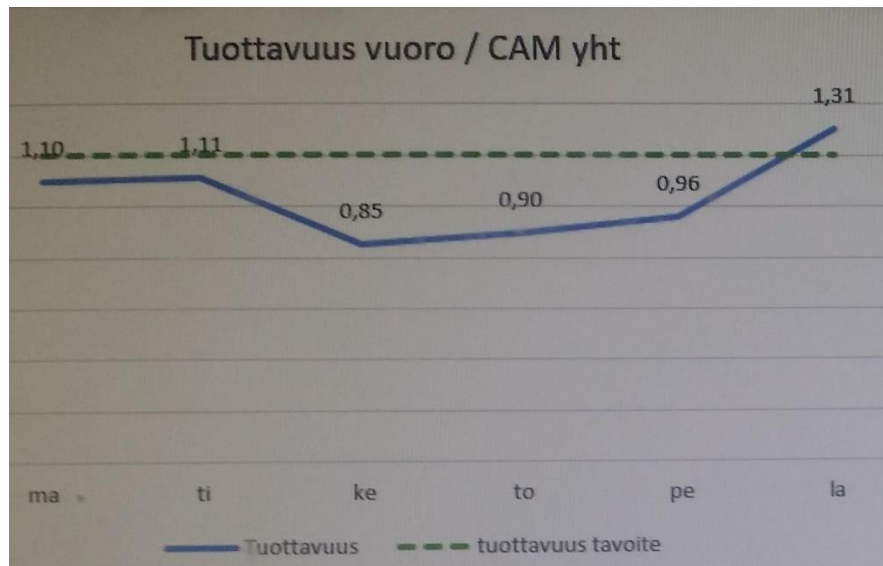
3. Kuinka usein laatuongelmat vaikuttavat työnteokoosi?

Jokainen haastateltu työntekijä koki omassa henkilökohtaisessa työssään laatuongelmia jopa päivittäin, joka on mielestäni todella hälyttävää.

#### 6.4 Huonon laadun vaikutukset tuottavuuteen

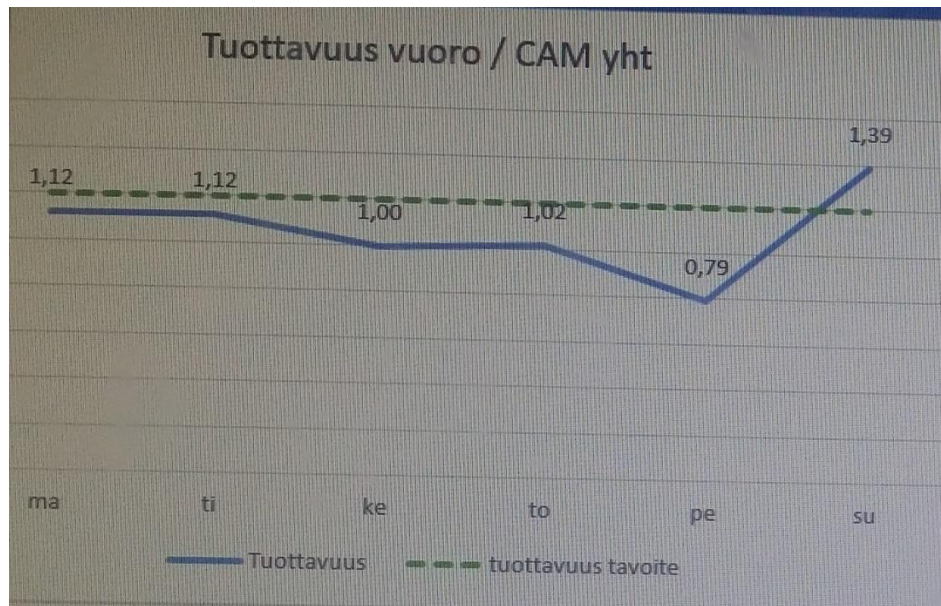
Komponenttien laatuongelmat heijastuvat merkittävästi kokoonpanon tuottavuuteen. Tuottavuus kuviossa katkoviiva kuvaa tuottavuus tavoitetta ja yhtenäinen viiva kuvaa toteutunutta tuottavuuden arvoa. Kuviossa kaksikymmentäseitsemän näemme viikolla 4/2016 toteutuneet tuottavuusarvot. Huomaamme kaaviosta,

että lähes päivittäin tavoitteeseen ei ole päästy, joka johtuu komponenteissa olevista laatuongelmista. Viikolla neljä suurimmiksi ongelmaksi osoittautuivat mäntä-runko sovitteen mittaepätarkkuudet ja puoliautomaattisen kokoonpanolaitteen useat häiriöt, minkä johdosta ovensulkimien kokoonpaneminen hidastui merkittävästi. Viikolla 5/2016 tuottavuus oli kutakuinkin samalla tasolla kuin viikolla 4 johtuen samoista laatuongelmista.

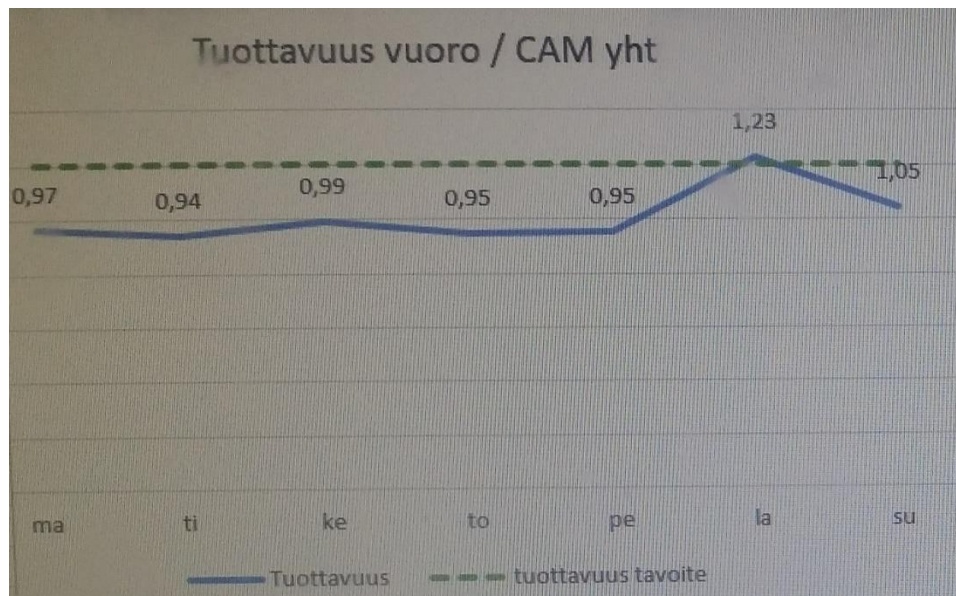


Kuvio 29. Tuottavuus viikolla 4/2016. (Intranet: Heikki Ketolainen)

Alla olevissa kuvioissa 30 ja 31 näemme tuottavuuden arvot viikoilla kuusi ja seitsemän. Samat laatuongelmat jatkuivat edelleen. Mäntä-runko sovite ja kokoonpanolaitteen voimansäädin-, laakeripesä- ja kuulausongelmat vaikuttivat negatiivisesti viikkojen tuottavuuksiin.



Kuvio 30. Tuottavuus viikolla 6/2016. (Intranet: Heikki Ketolainen)



Kuvio 31. Tuottavuus viikolla 7/2016. (Intranet: Heikki Ketolainen)

Samat laatuongelmat esiintyivät myös toistuvasti toteuttamani seurantajakson aikana kesällä 2015 ja vaikuttavat edelleenkin selvästi solun tuottavuuteen vaihtelevasti.

## 7 Pohdinta

### 7.1 Tulosten tarkastelu

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa CAM-kokoonpanon komponenteissa esiintyviä laatuongelmia ja niiden vaikutuksia tuottavuuteen. Lisäksi tavoitteena oli pyrkiä tutkimaan öljyntäytössä syntyvää laatuuhukkaa.

Tuloksina saatiin tarkka kuvaus kokoonpanossa syntyvästä laatuuhukasta, suurimmat laatuongelmat ja huonon laadun vaikutus tuotantosolun tuottavuuteen. Öljyntäytön osalta ei merkittäviä tuloksia syntynyt, sillä se rajattiin lopulta pois opinnäytetyöstä sen tutkimisen haasteellisuuden takia.

Tutkimukseni ajankohta oli kesällä 2015. Työskennellessäni uudelleen keväällä 2016 kokoonpanijana on kokoonpanosolussa tapahtunut positiivisia muutoksia laaturintamalla. Yhtenä merkittävimpinä voidaan pitää jokapäiväistä aamupalaveria, jossa käydään läpi laatuongelmia, työturvallisuus- ja ergonomia-asioita. Pala-verin ansiosta laatuongelmat tulevat nopeasti esille ja niihin puuttumaan tehokkaammin.

Kokoonpanon osalta toteuttamani seurantajakso kuvaa hyvin siinä yleisesti toistuvia laatuongelmia. Kokoonpanossa tulee edelleen esille samoista syistä johtuvia laatuuhukan aiheuttajia kuin kesällä 2015. Voimansäätimen kiristyslaitteesta johtuva laatuuhukka on selvästi laskenut DC 500 ovensuljinmallilla koneeseen tehtyjen muutosten avulla. Kuitenkin edelleen laitetta pidetään laaturiskinä DC 700 ovensulkijalle, koska voimansäätimen kiinnitysvaiheessa on huomattu, että muodostuu metallilastua, joka vaikuttaa ovensulkimen toimintaan. Mäntien kolhiintuminen oli yksi merkittävimmistä tuottavuuteen negatiivisesti vaikuttavista ilmiöistä kesällä 2015 ja vaikuttaa tuottavuuteen vieläkin keväällä 2016. Komponenttien yhteensopivuus on kokoonpanon kannalta välttämätöntä.

Esitetyissä tuottavuuskuvioissa laatuongelmien vaikutuksesta kokoonpanon tuottavuuteen kuvaa mielestäni hyvin toimintaa myös pidemmällä aikavälillä, sillä



amat laatuongelmat vaikuttavat toistuvan vuodesta toiseen tekemäni tutkimuksen ja haastattelujen perusteella.

## **7.2 Jatkotutkimusmahdollisuudet**

Opinnäytetyöpalaverissa keskustelun aiheeksi nousi, että Abloylla olisi tietojärjestelmä valmiina, jolla pystyttäisiin keräämään tehokkaasti tietoa ovensulkimien hylkäämisiin johtaneista syistä öljyntäytössä. Tällä hetkellä järjestelmään kirjaetaan vain vioittuneiden ovensulkimien lukumäärä ja hylkäämiseen johtaneet syyt jäävät täysin huomioimatta.

Jatkoa ajatellen pitäisin järkevänä, että tietojärjestelmää aletaan käyttää siten, että työntekijä pystyy viallisten ovensulkimien lukumäärään lisäksi kirjaamaan myös millaisia vikoja ovensulkimissa on havaittu. Tällä tiedolla pystyttäisiin näkemään selvästi mitkä tekijät aiheuttavat eniten ongelmia ovensulkimien toiminnassa ja näin voidaan kohdistaa jatkotutkimukset oikeisiin asioihin.

Palaverissa keskusteltiin myös ovensulkimien mahdollisesta purkamisesta ja osien uudelleenkäytöstä. Tämä ehdotus kuitenkin todettiin huonoksi, sillä komponentit saattavat vaurioitua ovensuljinta purettaessa, jolloin uudelleen käytettynä komponentit aiheuttaisivat vain lisää laatuongelmia.

Opinnäytetyöpalaverissa ehdotin laadunvalvonnan parantamista mäntien osalta, mutta sen osoitettiin olevan jo riittävällä tasolla ja siihen käytettäviä resursseja ei ilmeisesti löytynyt enempää. Lisäksi voimansäätimen kiristyslaitteen seuraaminen jatkossa tarkemmin, jotta uusiutuviin ongelmiin pystyttäisiin puuttumaan nopeammin. Sekä myös Mäntä-runko sovitteen ongelmat ja osakokoonpanon kokoonpanovirheet tarkkailuun.

### 7.3 Yhteenveto

Opinnäytetyölle asetetuissa tavoitteissa onnistuttiin ja päästiin haluttuun lopputulokseen. Tuloksina nähdään kuvaus syntyvän laatuhukan määrästä, merkittävimmät laatuongelmat ja kuinka ne vaikuttavat tuottavuuteen.

Toimeksiantaja olisi mielellään halunnut jotain konkreettisia muutoksia työmenetelmiin tai laaturintamalle, mutta tämän opinnäytetyön puitteissa siihen ei yksinkertaisesti ollut aikaa. Itse olisin halunnut päästä luomaan ja kehittämään työmenetelmiä niin, että havaittuja laatupuutteita saataisiin poistettua kokoonpanoprosessista.

Lähtökohtaisesti aihe ohjasi työtä nimenomaan raportoivaan suuntaan, josta selviää mahdollisia laatupuutteita komponenteista ja työmenetelmistä. Jos pystyisin palaaman ajassa taaksepäin ja aloittamaan opinnäytetyöni alusta, olisin pyrkinyt valitsemaan opinnäytetyöni aiheeksi jonkin tietyn tarkasti määritetyn kehityskohteen. Täten olisin saanut keskittyä vain yhteen ongelmaan ja pureuduttua siihen tarkasti. Tällä tavoin opinnäytetyön aika puitteissa olisi saatu jotain konkreettista aikaan.

Sain työstä kuitenkin paljon ja parannettavaakin jäi varmasti. Työ opetti etsimään tietoa luottavista lähteistä ja kirjoittamaan laajasta kokonaisuudesta. Työn kautta pääsin myös näkemään vaihtoehtoja, joiden avulla pystytään etsimään tuotannosta hukatekijöitä. Lukiessani lähteitä en myöskään voinut välttyä oppimiselta. Vaikka opinnäytetyössä käytetyt käsitteet olivat entuudestaan tuttuja koulun penkiltä, pääsin opinnäytteen kautta niihin pintaa syvemmälle ja sain yhdisteltyä niistä laajan kokonaisuuden.

Lopuksi kiitän opinnäytetyössä mukana olleita ohjaajia niin Abloylla kuin myös Karelia-ammattikorkeakoululla.

## Lähteet

- Abloy Oy, AX-järjestelmä intranet, komponenttiluettelot, 30.6.2015.
- Abloy Oy 2016a, Abloy Oy, <http://www.abloy.fi/fi/abloy/abloyfi/yritys/>, 9.1.2016.
- Abloy Oy 2016b, Abloy Oy, <http://www.abloy.fi/fi/abloy/abloyfi/yritys/tyopaikat/>, 9.1.2016.
- Abloy Oy 2016c, Abloy Oy, <http://www.abloy.fi/fi/abloy/abloyfi/tuotteet/tuotteet/ovensulkimet/dc330/>, 20.3.2016.
- Andersson Paul H. & Tikka Heikki 1997, Mittaus- ja laatutekniikat, WSOY, Porvoo.
- ASSA ABLOY 2016, Assa Abloy, <http://www.assaabloy.com/en/com/about-us/>, 9.1.2016.
- Bicheno John & Holweg Matthias 2009, the Lean Toolbox, Picsie Books, Buckingham, United Kingdom.
- Carreira Bill & Trudell Bill 2006, Lean Six Sigma that works, a powerful action plan for dramatically improving quality, increasing speed and reducing waste, AMACOM, United States of America, Itä-Suomen yliopisto kirjasto/ebrary, <http://site.ebrary.com.ezproxy.uef.fi:2048/lib/uef/reader.action?docID=10843707>, 13.1.2016.
- Carreira Bill 2004, Lean Manufacturing that works, Powerful tools for dramatically reducing waste and maximizing profits, AMACON, United States of America, Itä-Suomen yliopisto kirjasto/ebrary, <http://site.ebrary.com.ezproxy.uef.fi:2048/lib/uef/reader.action?docID=10075569>, 18.1.2016.
- Deepali Kishor Desai 2010, Six Sigma, Himalaya Publishing House, Itä-Suomen yliopisto kirjasto/ebrary, <http://site.ebrary.com.ezproxy.uef.fi:2048/lib/uef/reader.action?docID=10415095>, 18.1.2016.
- Hokkanen Simo & Strömberg Oiva 2006, Laatuun johtaminen, Sho Business Development Oy, Jyväskylä.
- Ihalainen Panu & Hölttä Taina 2001, Six Sigma pähkinänkuoressa, Metalliteollisuuden Kustannus Oy, Tampere.
- Jeffrey K. Liker 2006, Toyotan tapaan, Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Juvonen Jaana 2007, Avaimen arvoinen Abloy 100 vuotta, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Järviö Jorma 2006, Kunnossapito, KP-Media Oy, Hamina.
- Järviö Jorma & Lehtiö Taina 2012, Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen, KP-Media Oy, Helsinki.
- Karjalainen Tanja & Karjalainen Eero E. 2002, Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä, Quality Knowhow Karjalainen Oy, Hollola.
- Kauppakaari Oy, yrityksen tietokirjat 1998, Tuottavuus tänään, Multiprint, Helsinki.
- Ketolainen Heikki, Intranet, Tuottavuus taulukot, 12.2.2016.
- Kume Hitoshi 1998, Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät, Helsinki, Metalliteollisuuden kustannus.

- Leclin Olli 2006, Laatu yrityksen menestystekijänä, Talentum Media Oy, Helsinki.
- Leclin Olli & Risto O. Laine 2009, Laadunkehittäjän työkalupakki, innovaation johtamisjärjestelmän rakentaminen, Talentum Media Oy, Helsinki.
- McCormick Kate 2002, Quality, Oxford, Boston, Butterworth Heinemann, Itä-Suomen yliopisto kirjasto/ebrary,  
<http://www.sciencedirect.com.ezproxy.uef.fi:2048/science/article/pii/B9780750651134500088>, 18.1.2016.
- Peltonen Aarne 1997, Tuottava tehdas, Hakapaino Oy, Helsinki.
- Pirasteh, Reza M. 2010, Profitability with no boundaries, Optimizing Toc and Lean Six Sigma, ASQ Quality Press, Itä-Suomen yliopisto kirjasto/ebrary,  
<http://site.ebrary.com.ezproxy.uef.fi:2048/lib/uef/reader.action?docID=10929631>, 18.1.2016.
- Uusi-Rauva Erkki 1996, Tuottavuus-mittaa ja menesty, TT-kustannustieto Oy, Vantaa.